

NN31545.1417

1417

maart 1983

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

PRODUKTIEMODEL EN PRODUKTIENORMEN

VOOR HET GRAVEN VAN WATERLOPEN

ing. J.G.S. de Wilde

ing. J.F. van der Meer

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking

20 JULI 1983

JSN 187189-02

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. BESTAANDE NETTO-PRODUKTIEMODEL EN BIJSTELLINGS- OORZAAK	3
3. GRAAFWEERSTAND	4
4. HERLEIDEN RESULTATEN PRODUKTIEOPNAMEN	15
5. BODEMGESTELDHEID EN UITLEVERING	17
6. NIEUW NETTO-PRODUKTIEMODEL	20
7. PRODUKTIEFACTOR (d)	23
8. TUSSEN NETTO- EN BRUTOPRODUKTIE	27
9. PRODUKTIENORMEN	29
10. CONCLUSIE	34
LITERATUUR	37
GEBRUIKTE SYMBOLEN	39

1. INLEIDING

Evaluatie van Landinrichtingsplannen vereist kostenbegrotingen. Hernieuwde kostenbegrotingen zijn nodig ingeval van planwijzigingen, terwijl voor inzicht in de stand van verplichtingen begrotingen nodig zijn die zijn gebaseerd op recente werkmethoden en werktuigprestaties.

Om het maken van begrotingen te vereenvoudigen zijn de zogenaamde standaarddeenhedsprijzen ingevoerd. De prijzen hebben betrekking op een eenvoudig bepaalbaar werkvolume (m^3 grondverzet, m^1 te graven leiding, m^2 te bewerken oppervlak). Deze prijzen zijn gebaseerd op een werkmethode (inzet materieel en mankracht), materiaal gebruik, prestatie van de ingezette mankracht en werktuigen en uurprijzen van beide laatste (BOVAL, jaarlijks en NIVAG, 1977).

Er wordt steeds uitgegaan van de meest gangbare werkmethode en de meest gangbare werktuigen. Gerekend wordt er derhalve met genormeerde machines en prestaties.

Gedurende enige tijd worden hiervoor door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding studies verricht (SPRIK en HORST, 1982 en DE WILDE, 1981). In eerste instantie werden gegevens verkregen door continue-tijdsregistratie van het werk met de daarbij aanwezige machines en de daarbij geleverde prestatie. Later bleek het voorgaande alleen niet voldoende en werden detailstudies ingevoerd voor het verkrijgen van een beter inzicht en om te komen tot een op de machine gerichte modelmatige aanpak van de produktie. Detailstudies worden de gedetailleerde produktiestudies genoemd die aan ieder werktuig afzonderlijk worden verricht en waar de bewegingselementen (DE WILDE, 1980) van de machine worden vastgelegd. Uit de tijdswaarden van deze elementen worden parameters van produktie-modellen afgeleid.

Mede door te zoeken naar een zo efficiënt mogelijke vorm voor het doen van tijdswaarnemingen werd het video-systeem geïntroduceerd (DE WILDE, 1980 en 1983). De mogelijkheid werd hierbij zelfs geboden om meerdere werktuigen gelijktijdig op te nemen, terwijl bediening door één man mogelijk is. Gedegen studies behoren hiermee tot de mogelijkheden doordat de bewegingscyclus kan worden herhaald en opnamedetails niet verloren gaan.

Het eerste operationele inzetten van het systeem vond plaats voor het bepalen van dieplepelprodukties bij het graven van waterlopen. Een groot aantal metingen, deels over langere tijd, waren hiervan het gevolg. Aan de resultaten van deze metingen zijn de resultaten van SPRIK en HORST (1982) toegevoegd. Dit was mogelijk nadat een herberekening van de laatsten, deels tengevolge van een gewijzigde aanpak, ten aanzien van uitlevering, graafcyclus, bakinhoud en bakverontreiniging had plaatsgevonden. Door bovendien de grondsoort, de vochttoestand van de grond, de egaliteit van het tracé en de tijdsduur van de overige handelingen van aanvang aan op te nemen, konden deze samen met de reeds genoemde factoren zowel in de meetresultaten als de modelbeschouwingen worden betrokken. Aan de hand van deze samengevoegde resultaten werd een nieuw netto-produktiemodel afgeleid (DE WILDE, 1981).

Recent werden dieplepelprodukties bepaald, voor het laden van dumpers, bij het graven van leidingen. Nogmaals zijn deze resultaten toegevoegd aan de reeds bestaande, waardoor een zo goed mogelijk onderbouwd model kon worden verkregen. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen de bewerkbaarheid van zand, zavel en klei. Hetgeen uiteindelijk leidde, na correctie van het netto-produktiemodel (DE WILDE, 1981) tot een nieuw produktiemodel voor genoemde grondsoorten en produktienormen al naar gelang de vochttoestand van de grond en egaliteit van het tracé. De diverse facetten die geleid hebben tot deze normen en de normen worden in dit artikel gegeven.

2. BESTAANDE NETTO-PRODUKTIEMODEL EN BIJSTELLINGSOORZAAK

Het afgeleide netto-produktiemodel voor het graven van waterlopen met dieplepels (DE WILDE, 1981) betrof:

$$q_n = \frac{B_i (9F + 98)}{a \cdot d} \quad (1)$$

waarin

q_n = netto-produktie in $m^3 h^{-1}$

B_i = werkelijke afgestreken bakinhoud in m^3

F = oppervlakte van het dwarsprofiel van de waterloop in m^2

a = uitleveringsfactor van de ontgraven grond

d = de produktiefactor, die samengesteld kan zijn uit meerdere factoren, d_{T_t} , d_{T_e} en d_{T_o} (zie lijst gebruikte symbolen)

De produktiefactor d_{T_e} die ontstaat door de mate waarin het egaliseren van het tracé door de machine moet worden uitgevoerd was hierbij uitsluitend aanwezig in de egalisatie-gradatie 'matig'.

In aansluiting op de tijdswaarnemingen van dieplepels bij het graven van waterlopen werden waarnemingen uitgevoerd aan getrokken- en zelfrijdende dumpers. Deze dumpers worden meestal geladen door dieplepels. De produkties van deze dieplepels werden bepaald. In die gevallen waar het laden geschiedde bij het graven van een waterloop, zijn de berekende produkties toegevoegd aan de reeds bestaande (DE WILDE, 1981). Dit was vooral van waarde omdat de resultaten betrekking hebben op zand, een grondsoort die nog niet in het cijfermateriaal voorhanden was. Bovendien werden de egalisatietoestanden gekwalificeerd als 'matig-slecht' en 'slecht' aangetroffen. Het toevoegen van genoemde resultaten noodzaakte tot het bijstellen van het als (1) gegeven netto-produktiemodel.

Bij de dusver gebruikte methode werden alle resultaten van de metingen gelijkwaardig geacht. Door verschillen in grondsoort en bodemgesteldheid vertoont deze vergelijking een manco. Zo zou het graven in zand aanmerkelijk lichter kunnen geschieden dan in zware klei. Verschil in bewerking van zavel met klei en zand zou

ook op kunnen treden. Produktieverschillen zullen hiervan het gevolg zijn. Zo ook zal het verschil in bodemgesteldheid zijn invloed hebben op de produktie.

Het onder één noemer brengen van de meetwaarden was de oorzaak dat vóór het bijstellen eerst eens nader wordt gekeken of het werken in de verschillende gronden van invloed kan zijn op de produktie.

3. GRAAFWEERSTAND

Een tweetal redenen vormde de aanleiding dat de grondsoort nader in verband wordt gebracht met de te behalen produktie.

De eerste wordt gevormd doordat er een verband is aangetoond tussen de cyclustijd t_c en de bakvullingsgraad (DE WILDE, 1981). Deze bakvullingsgraad is weer voor een belangrijk deel afhankelijk van de grondsoort. Onder bepaalde 'iets vochtige' omstandigheden zal de losgesneden klei in de bak niet verder uiteenvallen, hetgeen veroorzaakt wordt doordat de cohesie van de kleideeltjes in een losgesneden kleideel groot is. Bij zand vormen zich deze delen niet. Hierdoor ontstaat dat onder genoemde omstandigheden een grotere bakvulling (opstapeling van grond) behaald kan worden bij het graven van de grond naarmate de onderlinge krachten om delen bijeen te houden groter is. In dat geval zou naarmate de bakvullingsgraad toeneemt t_c groter worden naarmate de onderlinge samenhang tussen de delen toeneemt. Maken we onderscheid tussen zand, zavel en klei dan zal de mogelijke bakvullingsgraad bij deze grondsoorten toenemen in de volgorde waarin ze hier geplaatst zijn, zo ook de toename van t_c .

De tweede reden om de grond in de beschouwing te betrekken wordt veroorzaakt door het verschil in weerstand ondervonden bij het graven ervan, door ons genoemd de graafweerstand. Naarmate de grond meer samenhang vertoont zal het lossnijden worden bemoeilijkt. Ook hierdoor zal de volgorde zand, zavel en klei waarschijnlijk overeenkomstig zijn met de volgorde van de grootte van de graafweerstand. Dientengevolge zal de graaftijd bij lagere graafweerstand kleiner zijn. In analogie met het verspanen van metalen en de daarbij

gehanteerde verschillende snijhoeken van de beitel bij verschillende soorten metaal, zouden de snijhoeken van de graafbak ook moeten verschillen bij de diverse grondsoorten. Dit laatste is uit praktisch oogpunt blijkbaar niet te realiseren.

Het dubbele verband tussen t_c en de grondsoort roept in eerste instantie voor deze combinatie de belangstelling op. De andere zullen later behandeld worden.

In het basismodel voor de netto-productie (DE WILDE, 1981):

$$q_n = \frac{B_i (b_v - b_o) \times c}{a \cdot t_c \times d} \quad (2)$$

waarin de nog niet benoemde symbolen zijn:

b_v = de bakvullingsgraad

b_o = de mate van bakverontreiniging

c = omrekeningsfactor ($c = 3600$ voor q_n in $m^3 \cdot h^{-1}$)

komen zowel de bakvullingsgraad als de cyclustijd voor. Doordat ze beide aan verschillende kant van de deellijn voorkomen zullen ze elkaar tegenwerken in de situatie zoals hier werd gesteld en werd aangetoond (DE WILDE, 1981).

Dit laatste wil dus zeggen dat naarmate de bakvulling toeneemt onder invloed van de andere grondsoort dit gepaard gaat met een toename van de t_c door deze zwaardere bak. Het omgekeerde is ook waar. Hierdoor zal de verwachte verandering in de produktie worden genivelleerd. Waarden hierover hebben we echter niet tot onze beschikking. Aangezien echter het vermoeden bestaat dat toename en afnames van beide zijden nagenoeg evenredig verlopen, is de relatie grondsoort en t_c ten aanzien van de bakvulling niet verder uitgediept. Wel die ten aanzien van de graafweerstand.

Deze graafweerstand is hoofdzakelijk afhankelijk van de volgende factoren (NICHOLS, 1962):

- hardheid, dit is bij het graven de weerstand tegen indringing in de grond. Deze neemt toe bij een hogere verdichtingsgraad van de grond en bij opvulling van de holle ruimtes met fijnere deeltjes, kalk of andere natuurlijke bindstoffen
- obstakels in het profiel, zoals keien en kienhout.

- wrijving, naarmate de graafbak verder in de grond doordringt neemt de wrijving toe. Afhankelijk van de korrelgrootte, opbouw en vochtigheidsgraad en de aanwezigheid van natuurlijke smeermiddelen zoals humus
- aankleving van de grond aan de graafbak vergroot de wrijving aanmerkelijk
- cohesie. Grond met een sterke cohesie is erg moeilijk te ontgraven
- soortelijke massa van de grond.

Een grond die bij bewerking veel arbeid vraagt noemt men zwaar (HEIJ en PEERLKAMP, 1961). Hoe meer lutum een grond bevat des te zwaarder is in het algemeen de bewerking (SMET, 1970). Van belang zijn echter ook het humusgehalte en de structuur. Weersomstandigheden hebben eveneens hun invloed op de bewerkbaarheid van gronden. Zandgronden zijn onder vrijwel alle omstandigheden te bewerken. Zware-kleigronden daarentegen zijn al gauw te droog of te nat om een goede bewerking mogelijk te maken. De bewerkingsmarge is het begrip dat verband houdt met aangegeven omstandigheden van de grond.

HEIJ en PEERLKAMP (1961) vonden een relatie tussen het lutumgehalte van de grond en de voor ploegen genodigde trekkracht. Met behulp van het door hen aangegeven verband, werden door ons trekkrachtsfactoren voor een aantal gronden afgeleid. De afgeleide factoren worden gegeven in tabel 1, samen met de daaruit door ons bepaalde verhoudingen voor de trekkracht ten opzichte van zavel. Voor het graven van waterlopen zijn door ons de meeste waarnemingen uitgevoerd in die gebieden waar de grondsoort zavel was. Daarom werd door ons als referentieniveau zavel genomen dat, volgens tabel 2, een gemiddeld lutumgehalte heeft van 16,5%.

De krachten zoals die bij het graven optreden lijken ons in zekere mate inherent aan die bij het ploegen. Bij het graven wordt echter meer bewerkt dan de bouwvoor alleen. Het bewerken van alleen de bouwvoor, zoals bij ploegen, kan veroorzaken dat door het hoge organische stofgehalte (smerende eigenschappen van humus) van zand de trekkracht op deze wijze te gunstig wordt voorgesteld. Ook moeten we ons bedenken dat het vermoedelijk krachtoverschot bij het graven met een dieplepel (hydraulisch) groter is dan bij het ploegen. Hierdoor worden de krachtgrenswaarden, dat wil zeggen als

Tabel 1. Afgeleide trekkrachten voor ploegen bij verschillende lutumgehalten van de grond (HEIJ en PEERLKAMP, 1961) en trekkrachts-verhoudingen

Trekkracht	Lutum	Verhoudingsgetal trekkracht ten opzichte van zavel
750	27,0	1,596
700	26,1	1,489
650	25,1	1,383
600	23,6	1,277
550	21,8	1,170
500	19,2	1,064
470	16,5	1
466	16,0	0,991

Tabel 2. Lutumgehalten voor enkele grondsoorten

Grondsoort	Lutumgehalte ¹⁾ %
zand	0 - 8
li. zavel	8 - 17,5
zware zavel	17,5 - 25
lichte klei	25 - 35
zware klei	meer dan 35

1) volgens CULTUURTECHNISCH VADEMECUM (1970)

de machine tot het uiterste wordt belast, bij het graven niet bereikt. Hier gaan we min of meer wel van uit door te stellen dat de graaf-tijden in zand kleiner zijn dan in klei.

Het door HEIJ en PEERLKAMP (1961) gegeven verband bestrijkt slechts een klein gebied dat zich bevindt tussen een lutumgehalte van 16 tot 28%. Door middel van extrapolatie werd deze relatie door ons een weinig verruimd tot in het zand- en aan het zware kleigebied, zie fig. 1. Een snijden met de verticale as wordt bij genoemd.

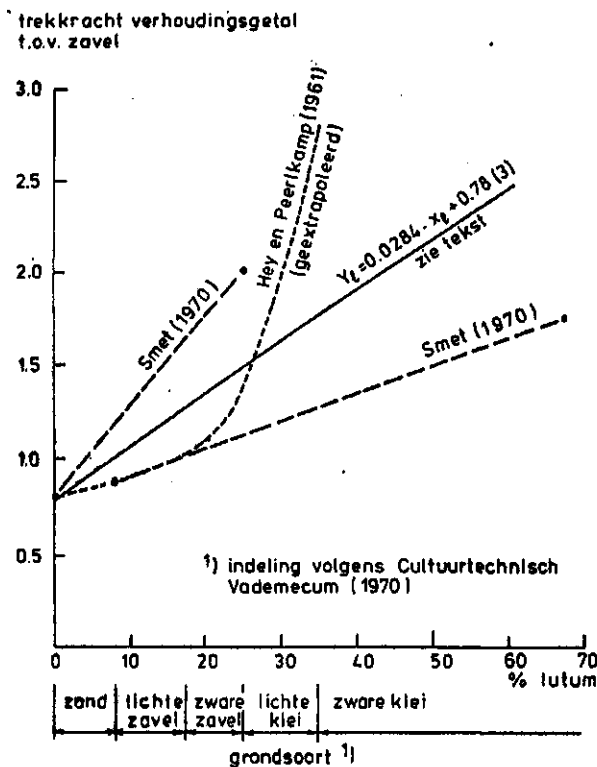


Fig. 1. Afgeleide relaties tussen trekkracht en lutumgehalte volgens SMET (1970), en het gemiddelde dat daarbij door ons is aangenomen, en volgens HEIJ en PEERLKAMP (1961) (na extrapolatie)

verband bereikt bij een verhoudingsgetal van 0,8, hetgeen voorkomt bij het begin van het zandgebied, waarbij het lutumgehalte 0% bedraagt.

SMET (1970) gaf aan dat de trekkracht bij het ploegen van klei-grond 75 - 100 kg per dm^2 van de voor-doorsnede bedroeg, terwijl daarvoor op zandgrond 30 - 50 kg per dm^2 nodig was. Door ons

is aangenomen dat de hier genoemde grenswaarden ongeveer gelden voor de begrenzings van het gebied van de betreffende grondsoort, zoals aangegeven in fig. 1. Als uitzondering hierop geldt de waarde van 100, die werd toegekend aan het gemiddelde van het zware kleigebied. Als bewerkingsverhouding tussen klei en zandgronden werden op de gebiedsbegrenzings van de grondsoorten $\frac{75}{30} = 2,5$ en $\frac{100}{50} = 2$ aangehouden. Voor het zandgebied werd hierbij uitgegaan van de door extrapolatie van de relatie van HEIJ en PEERLKAMP (1961)

verkregen waarden. Voor de zandgrond komt dit neer op het verhoudingsgetal 0,8 voor het begin van het gebied en op ongeveer 0,88 voor het einde. De beide lineaire begrenzings van SMET (1970) zijn in de fig. 1 aangegeven. Als bissectrice van de hoek tussen deze twee lineaire begrenzings vinden wij:

$$y_1 = 0,0284 \cdot x_1 + 0,78 \quad (3)$$

waarin:

y_1 = trekkrachtverhouding ten opzichte van zavel voor de grondsoorten

x_1 = lutumgehalte in %

De gemiddelde waarden tussen de punten op deze lijn en het voorgestelde verband (HEIJ en PEERLKAMP, 1961), alsmede de extrapolatie ervan, kunnen we ons voorstellen als een relatie tussen de benodigde trekkracht bij het ploegen en de grondsoort. Daarbij is er wederom van uitgegaan dat zavel met een gemiddeld lutumgehalte van 16,5% als referentieniveau zal dienen. De uit de fig. 1 bepaalde waarden voor het lutumgehalte en verhoudingswaarden voor de trekkracht volgens HEIJ en PEERLKAMP (1961), volgens (3) alsmede de gemiddelden van beide, gecorrigeerd op zavelreferentieniveau worden gegeven in tabel 3.

Tabel 3. Verhoudingswaarden voor trekkracht bij ploegen en lutumgehalte volgens HEIJ en PEERLKAMP, volgens (3) en gemiddelden van beide, alsmede gecorrigeerd op zavel-referentieniveau

Lutum %	volgens HEIJ en PEERLK. ¹⁾	volgens (3)	Gemiddeld	Gecorrigeerd op zavel- referentie niveau
0	0,80	0,78	0,790	0,7
5	0,84	0,922	0,881	0,78
8	0,88	1,007	0,944	0,84
12,5	0,94	1,135	1,037	0,922
16,5	1,00	1,249	1,125	1,0
17,5	1,03	1,277	1,154	1,025
20	1,10	1,350	1,225	1,089
25	1,38	1,490	1,435	1,28
30	1,98	1,632	1,806	1,61
35	2,80	1,774	2,287	2,04 ₂₎
40	-	1,916	-	- ₂₎
45	-	2,058	-	- ₂₎

1) en de na extrapolatie verkregen waarden

2) extrapoleren

De op zavelreferentieniveau gecorrigeerde verhoudingswaarden voor de trekkracht en het lutumgehalte van de grond uit tabel 3 worden door ons voorgesteld als een verband voor de bouwvoor tussen de graafweerstand en de grondsoort naar lutumgehalte, zie fig. 2. Hierbij werd de graafweerstand rechtstreeks afhankelijk gesteld van de benodigde trekkracht.

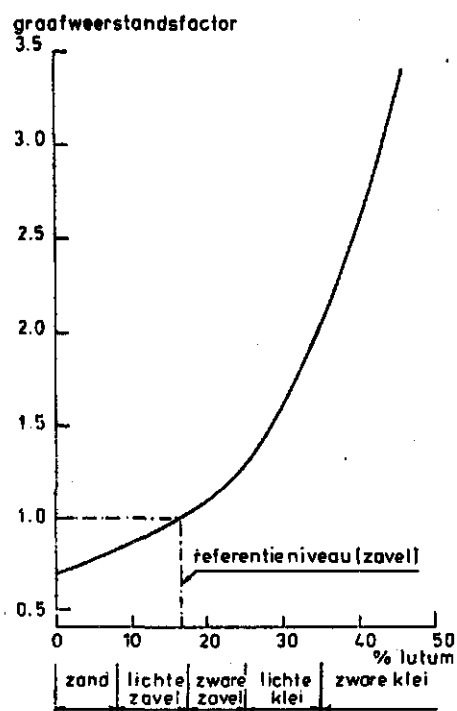


Fig. 2. Verband tussen de graafweerstand en de grondsoort naar lutumgehalte voor de bouwvoor

Op deze wijze worden de in tabel 4 genoemde 'voorlopige' graafweerstandsfactoren gevonden voor de reeds eerder aangegeven grondsoorten.

Tabel 4. 'Voorlopige' graafweerstandsfactoren in de bouwvoor voor enkele grondsoorten

Grondsoort	Gemiddeld lutumgehalte %	'Voorlopige' graafweerstandsfactoren
zand	4	0,77
lichte zavel	13	0,93
zwarte zavel	21	1,12
zavel	16,5	1,00
lichte klei	30	1,60
zwarte klei	ca.45	3,20
klei (gemiddeld)	ca.40	2,58

Deze 'voorlopige' graafweerstandsfactoren wilden we in eerste instantie gebruiken om de resultaten van de produktieopnamen op de verschillende gronden op gelijke basis te brengen. Doch de beperking dat de factoren uitsluitend verkregen zijn door de trekkrachten te bepalen voor het ploegen van de bouwvoor bleek later geen rust te geven. Dit laatste werd uiteindelijk toch gevonden door de door PIETSCH (1977) uitgevoerde trekkrachtmetingen aan V-vormige drainploegen (Willner) in de beschouwingen te betrekken. Dit werktuig heeft qua vorm veel overeenkomst met de taludgraafbak en beweegt zich bovendien tot diepten van ongeveer 1,60 m. Door PIETSCH werd een trekkrachtvergelijking afgeleid, die als som van de horizontale en verticale krachten die op het werktuig werken terwijl het in beweging is, luidt:

$$F_z = t^2 [\rho \cdot g (K_{\rho_1} \cdot t + 1_0 \cdot K_{\rho_2}) + K_c \cdot C + K_v \cdot v^2 \cdot \rho] \quad (4)$$

waarin:

F_z = de benodigde trekkracht voor het werktuig in N

t = werkdiepte in m

ρ = bodemdichtheid in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

g = zwaartekrachtversnelling $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

- K_{ρ_1} = coëfficiënt voor de hefkrachten¹⁾
 K_{ρ_2} = coëfficiënt voor de versnellingskrachten¹⁾
 l_o = lengte van het bodembrekende werktuigdeel in m
 K_c = coëfficiënt voor de cohesie¹⁾
 C = cohesie in $N.m^{-2}$
 K_v = coëfficiënt voor de snelheid¹⁾
 v = snelheid van het werktuig $m.s^{-1}$

1) Deze coëfficiënten zijn dimensielloze rekenfactoren.

De waarden voor de coëfficiënten K_{ρ_1} , K_{ρ_2} , K_c en K_v kunnen afgeleid worden aan de hand van door PIETSCH gegeven grafieken, doch dan moeten nog enkele factoren bekend zijn. De factoren waar het hier om gaat zijn de wrijvingswaarde tussen staal en grond μ_E en de inwendige wrijvingshoek voor de grond ϕ . Bovendien speelt de hoek α , die gevormd wordt door de voorzijde van de snijmessen met de horizontaal, een rol.

In (4) kunnen waarden ingevoerd worden voor snelheid, afmetingen en hoeken enz. verkregen uit onze graafmetingen. Door dit te doen, samen met de overige specifieke waarden, voor zand, zavel en klei worden andermaal waarden verkregen waarmee de graafweerstandshouding tussen deze drie grondsoorten kan worden uitgedrukt.

Voor het afleiden van de in (4) in te voeren dimensielloze coëfficiënten zijn praktijkwaarden bepaald aan de hand van beschikbare literatuur. Enkele aannames vooraf waren daarbij noodzakelijk. Als vochttoestand van de gronden werd de toestand tussen nat en zeer vochtig aangehouden ($S_r = 0,5$) en als graafdiepte per graafcyclus een diepte t van 0,65 m. Voor het graven met een taludbak geldt dat de hoek gevormd tussen de snijmessen en het maaiveld $\alpha = 90^\circ$. De afgeleide grootheden en in te voeren parameters voor de drie grondsoorten worden gegeven in tabel 5.

Tabel 5. Afgeleide grootheden en in te voeren parameters

	$\gamma_d^{1)}$ $t.m^{-3}$	$w^{2)}$ %	$n_p^{3)}$	$\phi^{4)}$ o	$\rho^{5)}$ $kg.m^{-3}$	$c^{6)}$ $N.m^{-2}$	$\mu_E^{7)}$
zand	1,50	14,5	43	38	1730	25 000	0,62
zavel	1,45	15,5	46	34	1680	21 000	0,6
klei	1,36	18,0	49	20	1600	15 500	0,6

1) γ_d = droog volume gewicht (gemiddelde waarden) (HEY en PEERLKAMP, 1961)

2) w = vochtgehalte in % van de droge grond (HUIZINGA, 1969)

3) n_p = poriënvolume (HUIZINGA, 1969)

4) ϕ^p = inwendige wrijvingshoek grond (PIETSCH, 1977)

5) ρ = dichtheid (PIETSCH, 1977)

6) c = cohesie (" ")

7) μ_E = wrijvingscoëfficiënt voor staal en grond (SÖHNE, 1953 en PIETSCH, 1977)

Aan de hand van de daarvoor benodigde waarden uit tabel 5 konden waarden worden bepaald voor de dimensieloze coëfficiënten K_{ρ_1} , K_{ρ_2} , K_c en K_v (PIETSCH, 1977). Deze coëfficiënten worden in tabel 6 gegeven voor zand, zavel en klei.

Tabel 6. Dimensieloze coëfficiënten in te voeren in (4) volgens PIETSCH (1977)

	K_{ρ_1}	K_{ρ_2}	K_c	K_v
zand	1,09	1,86	1,53	0,15
zavel	1,01	1,72	1,55	0,16
klei	0,96	1,45	1,83	0,19

Door ons werden uit de graafmetingen waarden afgeleid voor l_o (lengte bodembrekend deel werktuig) en de snelheid v , deze zijn vermeld in tabel 7.

Tabel 7. Lengte l_o en snelheid v per grondsoort

	l_o m	v m.s. ⁻¹
zand	0,44	0,196
zavel	0,37	0,193
klei	0,40	0,177

Indien we de zojuist afgeleide waarden uit de tabellen 5, 6 en 7 invoeren in (4) dan vinden we de volgende benodigde trekkrachten (graafweerstand) voor:

zand	$F_z = 27,1$	kN
zavel	$F_z = 22,75$	kN
klei	$F_z = 19,96$	kN

De verhoudingsgetallen voor de graafweerstand tussen zand, zavel en klei zijn nu respectievelijk 1,19, 1 en 0,88 geworden. Deze getallen werpen een ander licht op de zaak dan de eerder gevonden waarden, tabel 4 of fig. 2, voor de bouwvoor. In fig. 3 worden beide relaties nog eens door streeplijnen aangegeven. Het aanhouden van het gemiddelde tussen beide in fig. 3 gestreepte verbanden lijkt naar ons inzicht het redelijkste alternatief. Dit gemiddelde verband wordt door ons voorgesteld als het verband tussen graafweerstand en de grondsoort, het wordt eveneens in fig. 3 aangegeven. Voor het vastleggen van verhoudingsgetallen voor graafweerstand gaan we nogmaals uit van lutumgehalten van 4, 16,5 en 40% als gemiddelde waarden voor de grondsoorten zand, zavel en klei (tabel 4). Op deze basis vinden we als verhoudingsgetallen voor de graafweerstand tussen de grondsoorten respectievelijk 0,98, 1 en 1,73.

De uit fig. 3 af te leiden waarden voor graafweerstandsfactoren zullen door ons worden aangehouden om onderlinge verschillen tussen graaftijden bij het bewerken van verschillende gronden te corrigeren. Voor het afleiden van de relatie tussen y^1 en de oppervlakte van het dwarsprofiel zullen ze worden gebruikt.

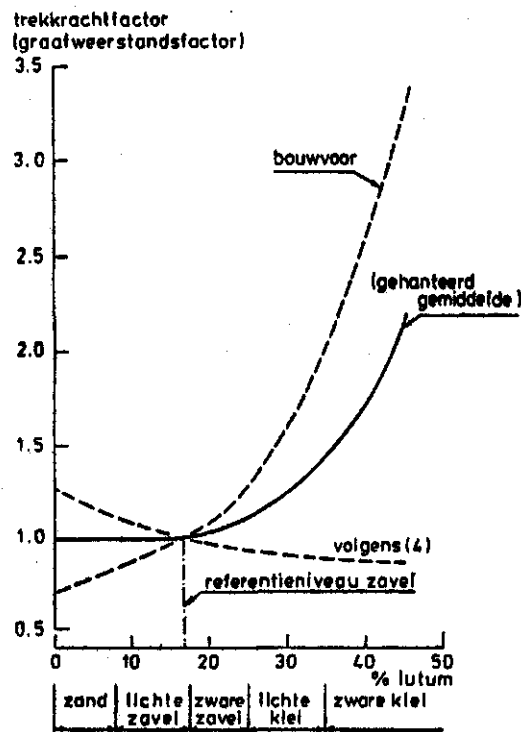


Fig. 3. Verband tussen de graafweerstand en de grondsoort (bouwvoor en onderliggende grond)

Momenteel staan geen andere waarden ter beschikking waarmee verhoudingen in het graafproces van verschillende gronden beter kunnen worden uitgedrukt. Op dit punt zal duidelijk meer onderzoek moeten worden verricht om te komen tot een beter inzicht in de graafkrachten.

4. HERLEIDEN RESULTATEN PRODUKTIEOPNAMEN

Om de resultaten van de produktieopnamen op gelijke basis te brengen zijn deze herleid. Dit herleiden van de resultaten voor het graven van waterlopen door dieplepels heeft op tweeërlei wijzen plaatsgevonden.

a. Herleiding ten aanzien van de grondsoort

Zoals in hoofdstuk 3 werd aangegeven moet de cyclustijd van het graven herleid worden in verband met de verschillen die kunnen ontstaan tengevolge van verschillen in graafweerstand voor die grondsoorten.

Het element uit de cyclus waarop dit van toepassing is, is de graaftijd. De kleine verschillen in verhoudingsgetallen die gevonden werden tussen de graafweerstanden voor zand en zavel, maken het aannemelijk hiervoor geen correctie toe te passen. Voor de overige dient dat echter wel te gebeuren door de gemiddelde voor die opname geldende graaftijd te delen door de graafweerstandsfactor. De toe- of afname dient gevoegd te worden bij de reeds bestaande cyclustijd. Waarden voor de cyclustijden c.q. graaftijden en herleide waarden daarvoor worden gegeven in tabel 8.

b. Correctie van de cyclustijd op lossituatie

De laatste resultaten betreffende het graven van waterlopen werden verkregen uit metingen verricht bij het laden van dumpers. De cyclustijden van deze metingen zijn niet zonder meer vergelijkbaar (DE WILDE, 1981) met de cyclustijden van de overige metingen. Bij deze vond namelijk het lossen plaats in depôt naast de leiding. De cyclustijd t_c van de graafhandeling bij het lossen in dumpers bedraagt 1.063 maal die bij het lossen in depôt, indien een dieplepel een waterloop graaft (DE WILDE, 1981). Door de cyclustijd bij het lossen in dumpers te vermenigvuldigen met de reciproke van 1.063 is deze gecorrigeerd op lossituatie en is de vergelijkingsbasis ook hier gemaakt. De naar het lossen in depôt herleide cyclustijden worden naast andere waarden in tabel 8 gegeven.

Tabel 8. Herleide waarden voor de cyclustijden naar grondsoort en lossituatie, alsmede de uitgangs- c.q. rekenwaarden

F	Grondsoort	Graaf- weerst. factor	t_c sec.	Graaf- tijd sec.	Toename ¹⁾ graaf- tijd sec.	t_{c1} ¹⁾	t_{c2} ²⁾
m^2							
2,89	zand	1	20,9	7,65	-	20,90	19,66
3,10	zand	1	21,9	8,01	-	21,90	20,60
3,71	zand	1	21,3	7,26	-	21,30	20,04
4,00	zand	1	26,8	11,08	-	26,80	25,21
4,30	zand	1	27,8	10,56	-	27,80	26,15
5,18	zand/ li. zavel	1	21,44	6,50	-	21,44	21,44
5,39	li. zavel	1	24,17	8,61	-	24,17	24,17
5,56	zw. zavel	1,05	23,18	7,50	-0,36	22,82	22,82
5,59	li. zavel	1	23,52	7,00	-	23,52	23,52
5,70	li. zavel	1	25,41	9,02	-	25,41	25,41
6,28	zw. zavel	1,05	24,08	9,10	-0,43	23,65	23,65
6,39	zw. zavel	1,05	24,15	9,46	-0,45	23,70	23,70
7,10	li. klei	1,25	25,21	9,47	-1,89	23,32	23,32
7,74	zw. zavel	1,05	28,74	8,60	-0,41	28,33	28,33
8,49	li. zavel	1	27,12	7,60	-	27,12	27,12
9,16	li. zavel	1	27,30	7,60	-	27,30	27,30
9,28	li. zavel	1	27,01	8,00	-	27,01	27,01

1) tijden gecorrigeerd naar graafweerstand

2) cyclustijden gecorrigeerd naar graafweerstand en lossituatie

5. BODEMGESTELDHEID EN UITLEVERING

De volumeomzetting die plaats heeft tengevolge van het roeren van grond noemt men uitlevering. De uitleveringsfactor geeft de verhouding aan tussen het volume grond in ongeroerde en in geroerde toestand. De uitleveringsfactor verschilt per grondsoort. Klei levert onder gelijke omstandigheden meer uit dan zand. De uitleveringsfactor verschilt eveneens indien van dezelfde grond de vochttoestand verschilt. Voor nattere klei is de uitleveringsfactor normaliter kleiner

dan die van klei in droge toestand. Bij het basis netto-produktie-model, zoals dat hier gehanteerd wordt (2) is de uitleveringsfactor a een van de parameters.

Juist bij het graven van waterlopen is het belangrijk de vochttoestand van de ontgraven grond te kennen, zodat er in het voorontwerp rekening mee kan worden gehouden. Indien bij het graven een hoog grondwaterpeil wordt aangetroffen zal de grond vochtiger zijn dan bij een laag peil. Ook zal bij een diepere leiding de gemiddelde vochttoestand van de ontgraven grond hoger zijn dan bij een minder diepe. Bij het opstellen van de produktienormen zal met de vochttoestand van de grond rekening gehouden worden. Een drietal vochttoestanden, al naar hun verzadigingsgraad omschreven als vochtig, zeer vochtig en nat, zullen in de produkties worden verrekend.

De produktienormen die aanvankelijk werden bepaald door het doen van metingen bij het graven van waterlopen met een taludhelling van 1 : 1,5 zijn ook te gebruiken voor waterlopen met andere hellingen. Hierop wordt nog teruggekomen in het hoofdstuk 9 Produktienormen.

De globale uitleveringsfactoren die door ons zijn aangehouden al naar gelang de vochttoestand van de grondsoort, volgens de verzadigingsgraadindeling voor zandgronden, worden gegeven in tabel 9. Ze zijn gebaseerd op de waarden van HEKKET (1969) en KOMATSU (1979).

Tabel 9. Globale waarden voor de uitleveringsfactoren van gronden naar vochttoestand

Grondsoort	Vochttoestand van de grond ¹⁾		
	normaal	zeer vochtig	nat
zware klei	1,43	1,40	1,38
zavel	1,25	1,23	1,20
zand	1,11	1,09	1,07

1)indeling naar verzadigingsgraad Sr voor zandgronden (HUIZINGA, 1969)

Sr = 0 - 0,25 normaal (droog tot vochtig)

Sr = 0,25 - 0,50 zeer vochtig

Sr = 0,50 - 0,75 nat

Sr = 0,75 - 1 zeer nat

Sr = 1 verzadigd } worden in tabel niet gebruikt

Aangezien grond altijd uitlevert bij het roeren, zijn bij het afleiden van produktie-relaties, zoals in dit artikel uitgevoerd, die waarnemingen waar een uitleveringsfactor kleiner dan 1 werd gevonden extra kritisch bekeken. Dit resulteerde in het buiten beschouwing laten van die metingen waarbij de uitleveringsgraad minder dan 0,97 bedroeg. Hierdoor zijn enkele metingen waarvan de uitleveringsfactoren herberekend waren (DE WILDE, 1981) alsnog komen te vervallen.

De uitleveringen zoals die worden gehanteerd bij het vormen van het netto-produktiemodel (2) zijn verkregen uit de metingen. De uitleveringsfactor is het omgekeerde van het quotiënt van het gemeten volume van het ontgraven leidingdeel en het volume grond uit het aantal graafcycli, de bakinhoud, waarbij rekening werd gehouden met de bakverontreiniging, de mate van bakvulling en de uitgangstoestand van de grond. Gebleken is dat de berekende uitkomsten dikwijls lager waren dan werd verwacht op grond van de uitlevering van los gestorte grond (HEKKET, 1969 en KOMATSU, 1979). De vraag dringt zich dan op of de uitlevering over het gehele grond-bak-volume wel gelijkmatig verloopt. Het is voorstelbaar dat direct na het uitleveren na het lossnijden het grondmateriaal weer enigszins wordt samengedrukt. Naarmate de graafbak voller raakt zal het laatste gedeelte dat als lading wordt meegenomen in vrijwel uitgeleverde toestand op de bak liggen. Duidelijk anders geldt dit voor het eerste gesneden gedeelte, hetgeen dan waarschijnlijk in licht samengedrukte toestand verkeert. Bij het lossen zal weer een zekere mate van uitlevering optreden. Doch we dienen te bedenken dat de uitleveringsfactor bepaald is aan de hand van het gegraven volume in de graafbak tijdens het zwenken.

Bij gebrek aan voldoende cijfermateriaal hieromtrent werd bij het opstellen van de tabellen 'produktienormen' uitgegaan van de uitlevering zoals die geldt voor los gestorte grond.

6. NIEUW NETTO-PRODUKTIEMODEL

Met behulp van de herleide cycluswaarden t_{c_2} , uit tabel 8 werd de cyclusfrequentie f berekend. Het produkt van f met het verschil tussen bakvullingsgraad en mate van bakverontreiniging wordt y' genoemd (HORST, 1979 en DE WILDE, 1981). De relatie tussen deze factor y' en de oppervlakte van het dwarsprofiel is één van de fundamentele onderdelen van het netto-produktiemodel voor het graven van waterlopen. De waarden voor de oppervlakte van het dwarsprofiel, de herleide cycluswaarden t_{c_2} , de cyclus frequentie, de bakvullingsgraad en de mate van bakverontreiniging, alsmede de factor y' worden gegeven in tabel 10.

Tabel 10. Waarden voor de cyclusfrequentie f , de bakvullingsgraad b_v en de bakverontreiniging b_o , alsmede het produkt $y'^{1)}$ naar de oppervlakte van het dwarsprofiel en herleide cyclustijd

Oppervlakte dwarsprofiel F in m^2	t_{c_2} sec.	f aantal cycli per uur	b_v	b_o	$y'^{1)}$
2,89	19,66	183,11	1,356	0,03	242,80
3,10	20,60	174,76	1,364	0,03	233,13
3,71	20,04	179,64	1,250	0,03	219,16
4,00	25,21	142,80	1,115	0	159,22
4,30	26,15	137,67	1,112	0	153,09
5,18	21,44	167,91	1,16	0,05	186,38
5,39	24,17	148,94	1,00	0,04	142,98
5,56	22,82	157,76	1,22	0,20	160,92
5,59	23,52	153,06	1,26	0,07	182,14
5,70	25,41	141,68	1,09	0,04	148,76
6,28	23,65	152,22	1,05	0,04	153,74
6,39	23,70	151,90	1,16	0,04	170,13
7,10	23,32	154,37	1,27	0,18	168,26
7,74	28,33	127,07	1,26	0,05	153,75
8,49	27,12	132,74	1,38	0,02	180,53
9,16	27,30	131,87	1,38	0,02	179,34
9,28	27,01	133,28	1,41	0,03	183,93

1) y' is het produkt van de cyclusfrequentie en het verschil tussen bakvullingsgraad en bakverontreiniging

De ligging van de punten voor y' uit tabel 10 uitgezet tegen de oppervlakte van het dwarsprofiel F worden gegeven in fig. 4. Een drietal resultaten, te weten die waarvan de waarden voor y' respectievelijk 242,8; 233,13 en 219,16 bedragen, vallen hier buiten redelijke proporties. Bij een nadere beschouwing van de waarnemingsgegevens van deze resultaten bleek de graafbak van de dieplepel klein te zijn ten opzichte van de machinegrootte (CATERPILLAR, 1982). De waarden van t_{c2} en b_v voor genoemde resultaten in tabel 10, laten zien dat daardoor naast een korte cyclustijd een naar verhouding hoge bakvullingsgraad, zeker voor zandgrond, bereikt wordt, hetgeen de veronderstelling ten aanzien van de t e k l e i n e graafbak onderstreept. Hierdoor ontstaat een veel te grote y' . Bij het bepalen van het verband tussen y' en F zijn deze punten buiten beschouwing gelaten.

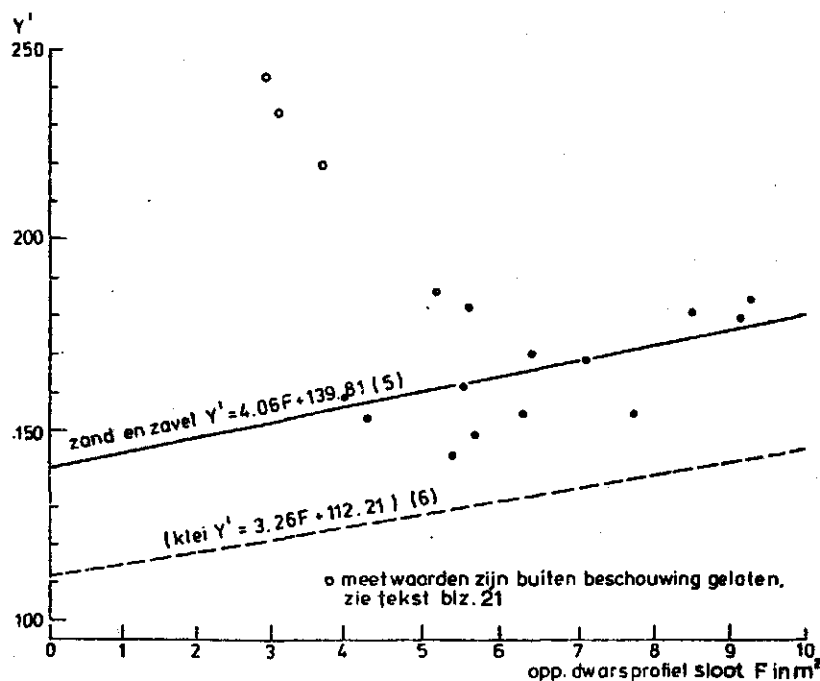


Fig. 4. Verband tussen y' en de oppervlakte van het dwarsprofiel F

De door middel van lineaire regressie bepaalde relatie tussen y' en F voor zand en zavel luidt:

$$y' = 4,06 F + 139,81 \quad (5)$$

Deze relatie wordt aangegeven in fig. 4. Voor klei is door het ontbreken van voldoende waarnemingen geen afzonderlijke relatie voor y' en F af te leiden.

Zoals in hoofdstuk 3 is uiteengezet bestaat er echter een graafweerstandsverhouding tussen zavel en klei. De verschillen zullen daarvoor worden aangetroffen in de langere cyclustijden voor het graven in klei ten opzichte van het graven in zavel. Zo zal zich de tijdsduur van het element graven uit de graafcyclus voor zavel en klei zich verhouden als 1 : 1,73, indien we uitsluitend de graafweerstand, fig. 3, als criterium aanhouden. Daar ons momenteel niets anders rest vormt dit het enige alternatief. Uit het totaal aan waarnemingsresultaten kon worden afgeleid dat de graaftijd 33,7% bedraagt van de graafcyclustijd t_c . Dit leidt ertoe dat de verhouding tussen de graafcyclustijden t_c voor zavel en klei zich als 1 : 1,246 zal verhouden, doordat alleen 33,7% van de cyclustijd zal wijzigen.

Indien de cyclustijden van zavel en klei zich verhouden als 1 : 1,246 dan zal deze verhouding ook aanwezig zijn tussen de rekenfactoren y' voor beide gronden. Dit houdt dus in dat de y' voor klei een factor 1,246 kleiner is dan de y' voor zavel. De relatie voor y' en de oppervlakte van het dwarsprofiel die voor klei zou kunnen dienen vinden we volgens deze redenering door (5) te vermenigvuldigen met de reciproke van 1,246. De relatie luidt dan:

$$y' = 3,26F + 112,21 \quad (\text{klei}) \quad (6)$$

Deze relatie is als streeplijn in fig. 4 aangegeven. We beschikken echter niet over voldoende waarnemingen verricht in zware- en lichte klei, zodat we de zojuist genoemde relatie (6) niet hard kunnen maken.

Een belangrijk deel van het verschil in graafweerstand zal vermoedelijk te niet worden gedaan aangezien de dieplepel zijn werk normaliter verricht met een zeker krachtoverschot, waarover in hoofdstuk 3 werd gesproken. Graafweerstandsv verschillen kunnen voor een belangrijk deel door de pompaandrijving worden opgevangen (LEGEZ, 1983). De kans bestaat dat daardoor de invloed die zij kunnen hebben op de cyclustijd gering is. Wel bestaat in de

praktijk de indruk dat het graven in klei ongeveer 25% meer tijd kost dan het graven in zand.

De overeenkomst die er bestaat tussen het graven van waterlopen en het trekken van een Willner-ploeg voor het draineren, zoals hier in hoofdstuk 3 werd aangesneden, lijkt vooralsnog erg groot. Doch de graafbak is een makkelijker te manipuleren werktuig. En daar zit waarschijnlijk een verschil. Tijdens het graven beweegt de bak zich namelijk niet geheel vloeiend doch met een iets schokkerige ophalende beweging. Deze beweging wordt nog versterkt indien de machinist merkt dat de bak dreigt vast te lopen of indien de graafkrachten (weerstand) naar zijn inzicht te groot worden. De Willner-ploeg kan deze bewegingen niet maken omdat anders de aan de drainage gestelde eisen in gevaar komen. Dit alles geeft ons de indruk dat de op de graafbak werkende krachten, veroorzaakt door de ondervonden weerstand, toch niet zo in lijn liggen met die bij het ploegen met de Willner. De invloed van de weerstanden bij het graven zal zich vermoedelijk bevinden tussen die van het ploegen van de bouwvoor en die van het trekken van de drainploeg. Voor het bepalen van de grootte van de graafweerstand bij de diverse grondsoorten en hun invloed op de cyclustijd zal zeker meer onderzoek dienen te worden uitgevoerd.

Om genoemde redenen hebben wij besloten voor dit moment één algemeen geldende relatie te hanteren. Deze wordt gevonden door (6) te substitueren in (2). Als netto-produktiemodel voor zand, zavel en klei vinden we nu:

$$q_n = \frac{B_i(4,1 \cdot F + 140)}{a \cdot d} \quad (7)$$

7. PRODUKTIEFACTOR (d)

De met deze produktiefactor bedoelde cijferwaarde is voor de eerste maal aangegeven en bepaald bij het afleiden van het reeds bestaande netto-produktiemodel (1) (DE WILDE, 1981). Deze produktiefactor d stelt globaal gezien het quotiënt voor van het aantal graafcycli maal de gemiddelde cyclustijd ($n \cdot t_c$) vermeerderd met de tijd voor transport, tijd voor egalisatie en de tijd voor de overige

handelingen en het product $n.t_c$.

Onderscheid wordt hierbij gemaakt tussen een drietal te combineren factoren, voor het transport naar de volgende standplaats op het tracé d_T , voor het egaliseren (indien nodig) d_T en voor de overige onder de produktieve tijd vallende handelingen d_T^e . Tot deze laatste werkzaamheden behoren het zogenaamde 'spannen van een lijntje', 'het weghalen van gemorste grond' en 'het verwijderen van obstakels'. Zowel d_T als d_T^e , als de combinatie van beide $d_T + d_T^e$, vertonen een relatie met de oppervlakte van het dwarsprofiel (DE WILDE, 1981). Of deze relatie een lineair of een exponentieel verloop heeft werd niet nagegaan. Doch dat er een relatie was werd duidelijk. Voor het gemak werd een zeker lineair verband verondersteld waarvoor regressielijnen werden bepaald.

De produktiefactor d_T is geheel afhankelijk van de mate waarop egalisatie moet worden uitgevoerd. In eerste instantie was uitsluitend opnamemateriaal voorhanden waarbij sprake was van een egale en matig egale terreingesteldheid van het tracé, waarop de dieplepel staat. Bij de latere metingen waren ook situaties waarbij slecht egale en matig-slecht egale tracé's, naast nog enkele matig egale, werden aangetroffen. Alle waarnemingsuitkomsten werden voor het afleiden van de hier te geven relaties tussen d-factoren en F in de beschouwing betrokken.

Het verband tussen de oppervlakte van het dwarsprofiel F en de produktiefactor d_T (voor transport naar volgende standplaats op het leidingtracé) volgens lineaire regressie wordt nu:

$$d_{T_t} = - 0,00689 \cdot F + 1,0726 \quad \begin{matrix} \text{(egaal tracé, uitsluitend} \\ \text{transport)} \end{matrix} \quad (8)$$

Het hier bepaalde verband is van belang indien het tracé dermate egaal is dat door de machine geen egaliseren behoeft te worden uitgevoerd alvorens het transport naar de nieuwe standplaats kan plaatsvinden. Het wordt gegeven in fig. 5.

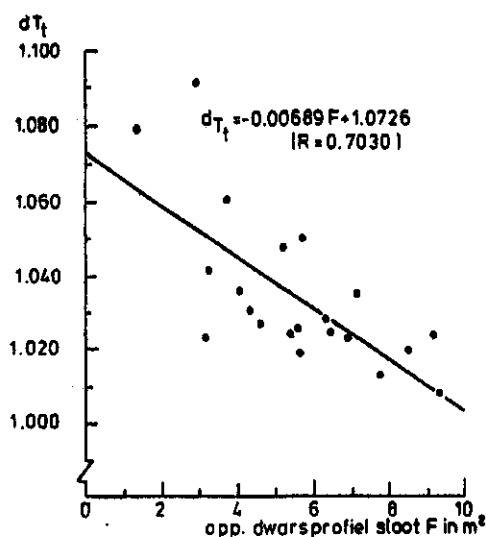


Fig. 5. Verband tussen F en produktiefactor d_{T_t} (transport)

Indien slechts matig egaliseren moet worden uitgevoerd is het verband tussen de oppervlakte van het dwarsprofiel F en de produktiefactor $d_{T_t + T_e}$ volgens lineaire regressie:

$$d_{T_t + T_e} = -0,01138 \cdot F + 1,1277 \quad (\text{egaliteit matig}) \quad (9)$$

correlatie coëfficiënt $R = 0,9493$

Voor slecht egaal tracé stonden slechts weinig waarnemingspunten ter beschikking. Het was weinig zinvol om hiervoor een verband middels lineaire regressie af te leiden. Hierom werd op andere wijze te werk gegaan. Uit de punten werd bij een gemiddelde van het dwarsoppervlak F van $3,57 \text{ m}^2$ een gemiddelde $d_{T_t + T_e} = 1,3328$ berekend. Voorts werd er van uitgegaan dat een mindere mate van egaliteit dan matig egaal, tot een verhoging van de produktiefactor zou leiden, zonder dat de afhankelijkheid ten opzichte van de oppervlakte van het dwarsprofiel F zou veranderen. Dit houdt in dat voor een vergelijking voor de produktiefactor $d_{T_t + T_e}$ voor slecht egaal tracé, de richtingscoëfficiënt gelijk zal zijn aan die van (9). De relatie tussen de F en $d_{T_t + T_e}$ voor slecht egaal tracé zal dus van de vorm $d_{T_t + T_e} = -0,01138 \cdot F + a'$ zijn. Vullen we in deze vergelijking de hiervoor gestelde gemiddelden $F = 3,57 \text{ m}^2$ en $d_{T_t + T_e} = 1,3328$ in, dan ontstaat voor slecht egaal tracé de relatie:

$$d_{T_t + T_e} = -0,01138 \cdot F + 1,3734 \quad (\text{egaliteit slecht}) \quad (10)$$

Voor een egaliteit van het tracé van slecht-matig, is slechts één meetpunt aanwezig. Als verband tussen F en $d_{T_t} + T_e$ voor deze egaliteitsgradatie is hier het gemiddelde aangehouden tussen (9) en (10). Op deze wijze vinden we voor de gradatie matig-slecht:

$$d_{T_t} + T_e = -0,01138.F + 1,2506 \quad (\text{egaliteit matig-slecht}) \quad (11)$$

De relaties (9), (10) en (11) worden voorgesteld in fig. 6, de laatste twee als streeplijn.

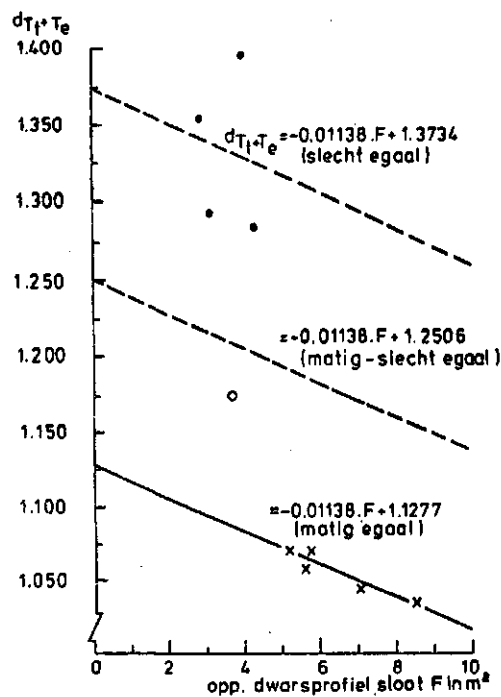


Fig. 6. Verband tussen oppervlakte dwarsprofiel en produktiefactor bij een drietal egaliteitsgradaties

Rest nog een waarde vast te stellen voor de term $\frac{T_o}{n.t.}$ (DE WILDE, 1981) die voor de overige handelingen (spannen lijntje, verwijderen obstakels en weghalen van gemorste grond) als constante toegevoegd dient te worden aan (8), (9), (10) en (11). De term werd bepaald als gemiddelde over alle uitgevoerde metingen, waarbij voor:

$$\frac{T_o}{n.t_c} = 0,0266 \quad (12)$$

werd gevonden. Door deze constante (12) toe te voegen aan de zojuist gevonden relaties ontstaan de volgende vergelijkingen voor de produktiefactoren bij diverse egaliteitsgradaties van het tracé:

e g a a l t r a c é

$$d_{T_t+T_o} = - 0,00689 \cdot F + 1,0992 \quad (13)$$

m a t i g e g a a l t r a c é

$$d_{T_t+T_e+T_o} = - 0,01138 \cdot F + 1,1543 \quad (14)$$

M a t i g s l e c h t e g a a l t r a c é

$$d_{T_t+T_e+T_o} = - 0,01138 \cdot F + 1,2772 \quad (15)$$

s l e c h t e g a a l t r a c é

$$d_{T_t+T_e+T_o} = - 0,01138 \cdot F + 1,40 \quad (16)$$

Door met de machine de volgende standplaats te egaliseren wordt de kwaliteit van het uitgevoerde werk zeer nadrukkelijk gediend. Het tot uitdrukking brengen van deze egaliteits-gradaties in de produktienorm is een eerste stap naar de invoering van kwalitatieve aspecten bij de berekening in de Uitvoeringstechniek.

8. TUSSEN NETTO- en BRUTOPRODUKTIE

Met het produktiemodel voor zand/zavel en klei (7) kan voor iedere grootte van de gegraven leiding de bijbehorende netto-produktie worden berekend. Door het invoeren van produktiefactoren voor egaal, matig egaal, matig tot slecht egaal en slecht egaal tracé kan het kwaliteitsaspect ook in zekere vorm in de te behalen produktie worden

verrekend. Door het invoeren van uitleveringsfactoren afhankelijk van de bodemgesteldheid is het mogelijk dat ook hiermee rekening wordt gehouden. Tijdens de opnames werden alle benodigde gegevens hiervoor verzameld. Graag hadden we voor de grondsoorten de graafweerstandsfactoren willen invoeren, doch daarvoor dient duidelijk meer onderzoek te geschieden.

De netto-productie is echter niet de reële produktie. Het is een produktie waarbij als het ware de mantel is afgedaan. Er werd voor deze uitsluitend uitgegaan van die werkzaamheden die als produktieve handelingen konden worden gerekend (uitgevoerd in de netto-werktijd), direkt nodig voor het graven van de leiding.

Naast deze netto-werktijd, gevormd door de produktieve uren is er nog tijd besteed aan nevenactiviteiten. Dit zijn werkzaamheden die direct of indirect met het eigenlijke werk te maken hebben. Door ons worden ze gerekend tot te niet produktieve handelingen, ze vormen de niet produktieve uren. Het was slechts ten dele mogelijk deze te bepalen. Van het totaal bij de video-metingen geregistreerde produktieve handelingen bedroeg de produktieve tijd of netto-werktijd 5,1342 uur. Het aantal niet produktieve uren bedroeg daarnaast 0,7155 uur, hetgeen een opslag betekent van 13,9% op de netto-werktijd. Deze opslag was als volgt verdeeld over de nevenactiviteiten:

- stagnatie machine	0,8%
- overleg	0,6%
- persoonlijke verzorging	6,1%
- onderhoud/reparatie	0,6%
- tanken	5,8%
- onwerkbaar weer	0 %
	<hr/>
Totaal	13,9%

De hier aangegeven waarden geven geen volledig beeld, doordat zij uitsluitend werden verkregen doordat alles tijdens de video-opname wordt meegenomen en de video vaak iets langer blijft aanstaan. In ons geval ging het in de eerste plaats om het verkrijgen van cyclus- en elementtijden tijdens het graven, om het netto-productie-model af te kunnen leiden. De hier verkregen waarden moeten dan ook

meer gezien worden als toegift op de verkregen resultaten.

Doordat het in het verleden uitgevoerde onderzoek in eerste instantie gericht was op het verkrijgen van resultaten door middel van continue tijdsregistratie (SPRIK en HORST, 1982) werd de daarbij gevonden opslag van 20,5% voor dit werk, als meer nauwkeurig zijnde, aangehouden.

Het verschil tussen netto- en brutoproduktie wordt dus verkregen door de eerste te vermenigvuldigen met de reciproke van de opslagfactor, groot 1,205. In de hier te geven produktienormen is deze opslagverrekening uitgevoerd.

9. PRODUKTIENORMEN

Door de met het netto-produktiemodel (7) berekende netto-producties te vermenigvuldigen met de reciproke van de opslagfactor (1,205) worden de bruto produkties verkregen. Na het invoeren van verschillende bakinhouden in m^3 en oppervlakten van het dwarsprofiel (ingekort tot 'slootprofiel') in m^2 in het door ons opgestelde computerprogramma PROTAB komen deze bruto-produktienormen in tabelvorm gereed. Programma PROTAB voorziet in de keuze van produktie-, graafweerstand-, uitleverings- en opslagfactoren en maakt als zodanig onderscheid tussen de reeds genoemde egaliteitsgradaties, vochttoestanden en grondsoorten. Aangezien in de hele opzet van dit artikel en in voorgaande, steeds gesproken is over netto-produktie, bruto-produktie, produktiefactoren enz., kortom zaken waar het woord produktie centraal heeft gestaan (zie ook CATERPILLAR, 1982) noemden wij deze cijferwaarden in tabelvorm produktienormen.

Deze produktienormen gelden indien de werkelijke afgestreken bakinhoud wordt ingevoerd. In vele gevallen zal het nodig zijn uit eigen opmeting deze afgestreken inhoud van de taludbak te bepalen. Door de vele rondingen en niet loodrecht op elkaar staande vlakken is het bepalen van een dergelijke inhoud vaak een enigszins tijdrovende bezigheid. Voor het afleiden van het netto-produktiemodel, doch ook voor produktiebepalingen van andere werktuigen, was dit inhoudsbepalen een zaak die bij ons veel voorkwam. Daarom werd het

computerprogramma CONVIN gemaakt waarmee het mogelijk is binnen een marge van ongeveer 1%, de inhoud van convexe lichamen te berekenen, aan de hand van een aantal karakteristieke bakmaten (VAN DOORNE, 1983).

De produktienormen, zoals die hier worden gegeven, zijn bepaald aan de hand van metingen uitgevoerd bij het graven van waterlopen met een taludhelling van $1 : 1\frac{1}{2}$. Naarmate de dwarsdoorsnede van het profiel groter wordt zal de diepte van de leiding toenemen. Dit geldt niet alleen voor leidingen met een taludhelling van $1 : 1\frac{1}{2}$ doch ook voor andere hellingsvormen. Bij diepere leidingen zal de vochttoestand van de grond toenemen, dat wil zeggen dat de kans groot is dat de gemiddelde vochttoestand van de ontgraven grond groter is naarmate de leiding dieper is. Naarmate de grond vochtiger wordt zal de uitlevering iets afnemen, doch de bakverontreiniging neemt toe bij toenemende vochtigheid van sommige gronden. Bij het opstellen van het netto-produktiemodel is hiermee in zeker opzicht rekening gehouden, doordat de bakverontreiniging in alle waarnemingen werd meegenomen. Een zekere vorm van evenwicht tussen de hierdoor ontstane produktieverhogende en produktieverlagende factoren wordt verkregen. Een kleine correctie blijft mogelijk en komt toch tot uitdrukking in de reeds in hoofdstuk 5 aangegeven uitleveringsfactoren bij verschillende vochttoestanden.

Dat het gebruik van de in de produktienormen gegeven waarden niet uitsluitend gelden voor leidingen met taludhellingen $1 : 1\frac{1}{2}$, maar ook zonder meer kan worden toegepast voor de daarvan afwijkende, zal hierna worden verklaard.

Zoals werd opgemerkt zal bij leidingen met gelijke oppervlakte van het dwarsprofiel en verschillende taludhelling de leidingdiepte bij het steilere talud groter zijn. De graafbak zal een andere vorm hebben, waardoor de graaftijd, die ongeveer 33% van de cyclustijd t_c uitmaakt, niet gelijk hoeft te blijven. Hier komen we later nog op terug. Op dit moment gaan we er even vanuit dat t_c gelijk blijft. In dat geval zullen bij gelijke F en verschillende taludhelling de termen $n \times t_c$, T_t , T_e en T_o gelijk blijven. Dit zou inhouden dat omrekenen van de produktiefactor bij de gestelde afwijkingen in de profielvorm niet nodig is.

Het verschil in leidingdiepte bij gelijkblijvende oppervlakte van het dwarsprofiel F is tussen leidingen met taludhelling 1 : 1½ en 1 : 1 gering. Indien we ons beperken tot een maximum voor F is 7 m³ bij een taludhelling van 1 : 1 (SPRIK en HORST, 1982), dan is genoemde leiding slechts 20% dieper dan die met gelijke F en taludhelling 1 : 1½. Doordat de leidingen steeds smaller worden naarmate ze dieper zijn, begrensd door een gelijke bodembreedte van 50 cm, bevat deze grotere diepte in dit ongunstigste geval slechts 5% meer vochtiger (dieper ontgraven) grond. Vochtiger grond zal de factoren a en b_o doen toenemen. Daar deze elkaar op deze wijze tegenwerken in het model (2) zal, evenals dat op blz. 5 uiteengezet is voor t_c en de bakvulling, een nivellering in de verwachte verandering van de produktie plaatsvinden. Mede hierdoor wordt voor het verrekenen van de normen bij andere taludhellingen geen reden gevonden.

Rest ons nog de cyclustijd t_c nauwkeuriger te belichten. Hiervoor gaan we terug naar de vorm van het basismodel voor de netto-produktie (2). Bij een andere taludhelling zullen (of zal):

- B_i en a n i e t veranderen. Voor a geldt de reeds eerder gemaakte opmerking ten aanzien van het evenwicht met b_o
- de produktiefactor, in grondvorm overeenkomend met

$$d = \frac{n \cdot t_c + T_t + T_e + T_o}{n \cdot t_c} \text{ w e l wijzigen. Dit wordt alleen ver-}$$

oorzaakt door wijzigen van t_c, omdat T_t, T_e en T_o constanten zijn bij gelijke oppervlakte van het dwarsprofiel. De factor d zal toenemen bij een afname van t_c en omgekeerd. Een mogelijke produktieverhoging tengevolge van een kleinere t_c zou dus verkleind worden doordat de produktiefactor d groter wordt*

- b_v en b_o n i e t wijzigen. Voor b_o geldt hetzelfde als hier voor a vermeld is
- t_c kan w e l wijzigen.

*Bij gelijke oppervlakte van het dwarsprofiel en qua inhoud even grote graafbakken zal ook het aantal graafcycli n gelijk zijn

De cyclustijd t_c is opgebouwd uit de vier elementen graven c.q. profilerend graven, zwenken, lossen en terugzwenken. De laatste drie veranderen niet in praktische zin bij een taludwijziging en dezelfde F . De tijd voor het graven c.q. profilerend graven kan echter wel verschillen. Dit zal voornamelijk veroorzaakt worden doordat de leiding met het minder steile talud bij gelijke F een grotere profiellengte heeft, zoals is aangegeven in fig. 7.

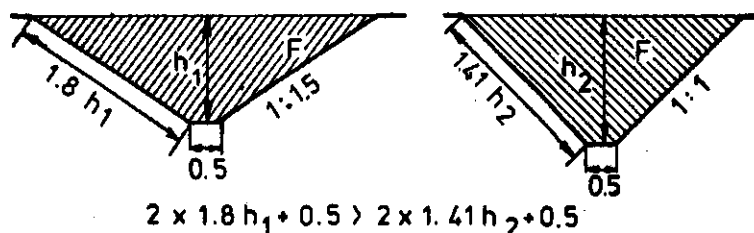


Fig. 7. Profiellengte bij gelijke F en verschillende taludhelling

Deze grotere profiellengte zal de oorzaak zijn dat naar verhouding het profilerend graven vaker zal moeten plaatsvinden.

Gebleken is dat bij het graven van leidingen met een talud 1 : 1 er maximaal 7% (bij $F = 1 \text{ m}^2$) minder geprofileerd behoeft te worden dan bij het graven van leidingen met talud 1 : 1½. Gemiddeld bleek deze afname 5,7% te bedragen, waarbij als maximum een slootprofiel $F = 7 \text{ m}^2$ werd aangehouden (SPRIK en HORST, 1982). Aangezien het aantal graafcycli bij gelijke F en B_i constant is, zal een afname van het aantal malen profilerend graven, een even grote toename bij het aantal malen 'normaal' graven teweegbrengen. Indien we stellen dat het aantal malen profilerend graven n_2 bedroeg dan was de profilerende graaftijd $n_2 \times y$ (y is elementtijd voor profilerend graven). Doordat het aantal malen profilerend graven afneemt met 5,7% bedraagt nu, bij een leiding met een talud 1 : 1, de profilerende graaftijd $(n_2 - \frac{5,7}{100} \times n_2)y$. Aangezien de som van het aantal graafcycli (profilerend graven + 'normaal' graven) n constant blijft zal de afname van het aantal malen profilerend graven gelijk zijn aan de toename van het aantal malen graven. Stellen we dat het aantal malen graven n_1 was, dan bedroeg de graaftijd $n_1 \cdot x$ (x is de elementtijd voor graven). De toegenomen graaftijd voor 'normaal'

graven bij de leiding met het talud 1 : 1 bedraagt nu $(n_1 + \frac{5,7}{100} \times n_2)x$. Het verschil in tijd wordt veroorzaakt doordat de som van de graaf-tijd profilerend graven en 'normaal' graven, in de toestand 'taludhelling 1 : 1', S_2 kleiner is dan in de toestand 'taludhelling 1 : 1,5', S_1 .

$$S_1 - S_2 = (n_1 \cdot x + n_2 \cdot y) - \{(n_1 + \frac{5,7}{100} \cdot n_2)x + (n_2 - \frac{5,7}{100} \cdot n_2)y\} = \\ = \frac{5,7}{100} \cdot n_2 \cdot y - \frac{5,7}{100} \cdot n_2 \cdot x = \frac{5,7}{100} \cdot n_2(y-x). \text{ Doordat } x \text{ kleiner is}$$

dan y (DE WILDE, 1981), daar is vastgesteld dat $x = 0,75y$, is het verschil $S_1 - S_2 = \frac{1,425}{100} \cdot n_2 \cdot y$. Het percentage dat het profilerend graven ($n_2 \cdot y$) uitmaakt van de cyclustijd t_c blijkt 21,7% te bedragen. Bij het graven van de leiding met een talud 1 : 1 zal dus tengevolge van de gemiddelde 5,7% kleinere profiellengte de t_c ($\frac{1,425}{100} \times 21,7\% =$) 0,31% kleiner zijn dan bij het graven van een leiding met talud 1 : 1,5. Dit toch al kleine verschil van de t_c wordt in het netto-productiemodel ten dele teniet gedaan doordat de produktiefactor d iets toeneemt, zoals op bladzijde 31 werd verklaard.

Met het vorenstaande is naar ons idee op voldoende wijze aangetoond dat de ontwikkelde produktiemodellen voor het graven van leidingen met een taludhelling 1 : 1,5 zeer zeker ook voor leidingen met andere gebruikelijke taludhellingen kunnen worden gebruikt. De algemeen bruikbare produktienormen voor het graven van leidingen met dieplepels zijn in tabelvorm als de bijlagen 1 t/m 12 van dit artikel opgenomen. Onderscheid werd daarbij gemaakt tussen de grondsoorten, vochttoestand van de ontgraven grond, egaliteit van het tracé en naar oppervlakte van het dwarsprofiel en de afgestreken bakinhoud. De waarden in de tabellen gelden voor het graven van waterlopen waarbij door de dieplepel de grond naast de leiding in depôt¹⁾ wordt gelost en stellen de zogenaamde 'vaste kuubs' per uur voor. In de tabellen is een begrenzing aangegeven. De binnen de getrapte lijnen vallende cijferwaarden geven de betere afstemming aan van bakgrootte en grootte van het slootprofiel en hebben in wezen voorkeur. De begrenzingen zijn aangebracht in analogie met elders voorgestelde afstemming van bakgrootte en profielgrootte (KNMH, 1972) en in de praktijk geldende inhouden van graafbakken in combinatie met de bij het graven van leidingen veel voorkomende dieplepelgrootte (CATERPILLAR, 1982).

1) Bij lossen in dumpers vallen de normen echter minder dan een factor 1,063 (DE WILDE, 1981) lager uit, zie ook blz. 31 voor d .

10. CONCLUSIE

Bij de recent uitgevoerde detailstudies aan getrokken dumpers waren metingen waarbij de grond moest worden afgevoerd die tijdens het graven van waterlopen vrijkwam. Voor het bepalen van de dumperprodukties is het gewenst dat eveneens de produktie van het ladende werktuig bekend is. Voor het geval dat het ladende werktuig een dieplepel met taludbak betrof zijn deze resultaten toegevoegd aan de reeds eerder bepaalde dieplepelprodukties bij het graven van waterlopen (DE WILDE, 1981). Eén en ander maakte het noodzakelijk dat het bestaande netto-produktiemodel voor het graven van waterlopen met dieplepels moest worden bijgesteld, zoals hiervoor beschreven.

Doordat de meeste waarnemingen werden uitgevoerd in een zavelgebied werd zavel als referentieniveau gesteld. De resultaten van de metingen die betrekking hebben op de andere grondsoorten zijn op genoemd niveau herleid door gebruik te maken van graafweerstandsfactoren. Op deze wijze dachten wij het af te leiden netto-produktiemodel beter te onderbouwen.

Voor het bepalen van de graafweerstandsfactoren van gronden zijn aannamen gedaan gebaseerd op de reeds bestaande theorie (HEIJ en PEERLKAMP, 1961; PIETSCH, 1977; SMET, 1970; SOHNE, 1953 en CULTUURTECHNISCH VADEMECUM, 1970). Als verhoudingsgetallen tussen de graafweerstand voor zand, zavel en klei werden respectievelijk 0,98, 1 en 1,73 gevonden. Gepoogd is om na te gaan of de bepaalde verschillen in graafweerstand ook invloed hebben op de cyclustijden bij het graven in verschillende gronden. Door onvoldoende waarnemingen kon deze invloed niet worden vastgesteld. Ook is het mogelijk dat de invloed die zij kunnen hebben op de cyclustijd te niet wordt gedaan doordat de pompaandrijving een gedeelte van deze verschillen opvangt. Hiervoor zal meer onderzoek moeten worden uitgevoerd.

Door te corrigeren op lossituatie konden meer meetresultaten in de beschouwing worden betrokken. Hierdoor was het nodig dat de cyclustijd t_c vermenigvuldigd werd met de reciproke van 1,063.

De gegeven waarden voor uitlevering van gronden bij verschillende vochttoestanden zijn niet uit metingen bepaald. Meer onderzoek zal

op dit punt moeten plaatsvinden. Als uitgangswaarden fungeerden thans de geldende uitlevering van de diverse gronden in normale (droog tot vochtige) toestand en los gestort (HEKKET, 1969).

Afgeleid is één netto-productie-model dat geldt voor zand, zavel en klei, te weten:

$$\begin{array}{l} \text{zand} \\ \text{q. zavel} = \\ \text{klei} \end{array} = \frac{B_i (4.1.F + 140)}{a.d} \quad (7)$$

Het verschil met het bij te stellen model (1) wordt in eerste instantie veroorzaakt doordat de relatie tussen de produktie en de oppervlakte van het dwarsprofiel F minder sterk stijgt naarmate deze oppervlakte groter wordt. De produkties bij de laagste waarden voor F zijn nu echter iets hoger. Het model (7) is gestoeld op een groter aantal metingen. Mede door het herleiden tot één referentieniveau heeft de aan het model ten grondslag liggende relatie tussen F en de rekenfactor y' meer body gekregen.

De samenhang tussen de diverse factoren d en de oppervlakte van het dwarsprofiel van de gegraven leiding kon worden bekrachtigd. Doordat metingen werden uitgevoerd daar waar matig-slecht egaal en slecht egale tracé's werden aangetroffen konden ook voor deze omstandigheden gelijksoortige verbanden voor d en F worden afgeleid.

Het egaal zijn van het tracé, waarop de machine staat tijdens het graven en zich verplaatst, is een eerste vereiste voor de kwaliteit van het uitgevoerde werk. Indien het tracé minder egaal is, dan zal door de machine meer egalisatiewerk tijdens het graven moeten worden uitgevoerd. Het uitvoeren van meer egalisatiewerk doet de produktie afnemen. De tijd voor het egaliseren door de machine zelf kan dus beschouwd worden als een maat voor de kwaliteit van het graven in relatie gezien tot de egaliteit van het tracé. Het tot uitdrukking brengen van de vier egaliteitsgradaties in de produktienorm door middel van de verschillende factoren d betekent de invoering van een kwaliteitsaspect.

Aangezien onze metingen meer gericht waren op het doen van detailstudies aan de machine konden gegevens voor het bepalen van de opslagfactor alleen verkregen worden uit het surplus dat geboden wordt doordat bij video opnamen alles wordt meegenomen. Hieruit kon echter

nog geen betrouwbaar resultaat betreffende de opslag gevormd worden. De opslag dient bepaald te worden uit de tijd besteed aan de zogenaamde neven-activiteiten die direct of indirect met het werk te maken hebben en als zodanig de netto-productie reduceren. De berekende netto-productie, verkregen uit het netto-productiemodel moet gedeeld worden door de opslagfactor voor het verkrijgen van de bruto productie. Aangehouden werd de door SPRIK en HORST (1982) bepaalde opslag, groot 1,205 voor dit werk.

De produktienormen die hier gegeven worden gelden niet alleen voor waterlopen met een talud 1 : 1,5 doch voor alle andere geldende taludhellingen. Verklaringen hierover worden gegeven in hoofdstuk 9. Met getrapte lijnen wordt in de tabellen die de produktienormen vormen een zekere begrenzing aangegeven van de cijferwaarden. De tussen de getrapte lijnen liggende waarden geven die produkties weer die gelden voor een goede afstemming van de graafbak op de leidinggrootte. De getrapte lijnen zijn op zeker gevoel en in analogie met de elders voorgestelde afstemming (KNMH, 1972), alsmede naar combinatie van dieplepel en toegepaste graafbak (CATERPILLAR, 1982), bepaald. Verschuivingen kunnen echter hier en daar gepast zijn.

Nogmaals wordt er op gewezen dat voor de opgevoerde inhoud van de taludbak de afgestreken inhoud moet worden genomen. Indien deze niet betrouwbaar genoeg voorhanden is moet uit eigen opmeting de inhoud bepaald worden, hetgeen mogelijk wordt gemaakt met behulp van het computerprogramma CONVIN (VAN DOORNE, 1983). De grootte van de bak moet in goede verhouding staan met de grootte van de toegepaste dieplepel, hieromtrent worden aanwijzingen gegeven door de machinefabrikanten (CATERPILLAR, 1982).

Met behulp van het computerprogramma PROTAB kunnen ook na invoeren van gewijzigde produktiefactoren en factoren voor uitlevering en opslag de produktienormen accuraat worden bepaald.

Als laatste mag geconcludeerd worden dat de in de praktijk geldende indruk dat graven in klei ongeveer 25% meer tijd kost dan graven in zand (LEGEZ, 1983) volledig teruggevonden wordt in de normen voor klei en zand.

LITERATUUR

- BOVAL, jaarlijks. Tarieven voor de verhuur van grondverzetmachines.
Bond van Loonbedrijven voor Agrarisch- en Grondverzetwerk
(BOVAL) te Utrecht
- CATERPILLAR, 1982. Caterpillar performance handbook, edition 13
- CULTUURTECHNISCH VADEMECUM, 1970. Cultuurtechnische Vereniging
- DOORNE, W. VAN, 1983. Het schatten van de bakinhoud voor machines
bij grondverzet. Nota ICW 1401
- HEKKET, G., 1969. Grondwerk. Handleiding bij Weg- en Waterbouwkunde
voor studierichting XIII. Landbouwhogeschool
- HEIJ, D. VAN DER en P.K. PEERLKAMP, 1961. Kennis van de grond en
bodem. Wolters, Groningen pp. 206
- HORST, G.H., 1979. Prestaties van hydraulische graafmachines bij het
graven van sloten en leidingen. Nota ICW 1136 pp. 24
- HUIZINGA, T.K., 1969. Grondmechanica. Uitg. AGON Elsevier Amsterdam
pp. 290
- KNMH (KON. NED. HEIDEMAATSCHAPPIJ), 1972. Calculatie vademecum
- KOMATSU, 1979. Specifications and application handbook edition 3
- LEGEZ, P.J., 1983. Mondelinge mededelingen. Geveke Motoren & Grond-
verzet B.V., Amsterdam
- NICHOLS, H.L., 1962. Moving the earth. North Castle Books. Greenwich
Connecticut pp. 2188 + bijlagen
- NIVAG, 1977. Kostennormen voor aannemersmaterieel (Nieuwe Vereniging
voor Aannemersbedrijf NIVAG), uitgeverij Samson. pp 209
- PIETSCH, H., 1977. Zur Berechnung von Kräften an Bodenbearbeitungs-
werkzeugen mit besonderer Berücksichtigung von Drängeräten.
Forschungsbericht Agrartechnik - Max - Eyth - Gesellschaft
(MEG), München. pp. 172
- SMET, L.A.H. DE, 1970. Bodemgeschiktheidsonderzoek en bodemgeschikt-
heidsclassificatie. Theoretische bodemkunde deel 3. Onderdeel
van cursusboek Ministerie van Landbouw en Visserij. pp. 70
- SÖHNE, W., 1953. Reibung und Kohäsion bei Ackerböden. Grundlagen
der Landtechnik H5. pp. 16
- SPRIK, J.B. en G.H. HORST, 1982. Onderzoek naar capaciteitsnormen
voor diepploegen, bulldozers en hydraulische graafmachines.
Rapport ICW no. 1. pp. 97 + bijlagen

- WILDE, J.G.S. DE, 1980. Ontwikkelingen in het doen van tijdwaarnemingen aan grondverzets- en grondbewerkingswerktuigen. Nota ICW 1226. pp. 18 + bijlagen
- _____ 1981. Dieplepelprodukties bij het graven van waterlopen bepaald met behulp van een nieuw opnamesysteem. Nota ICW 1315. pp. 80 + bijlagen
- _____ 1983. Video als hulpmiddel bij produktiestudies in de Cultuurtechniek (in druk)

GEBRUIKTE SYMBOLEN

- a = uitleveringsfactor van de ontgraven grond
- a^1 = constante
- b_o = (mate van) bakverontreiniging als percentage van B_i
- b_v = bakvullingsgraad als deel van B_i
- B_i = 'werkelijke' afgestreken bakinhoud in m^3
- c = omrekeningsfactor ($c = 3600$ voor qn in $m^3 \cdot h^{-1}$)
- C = cohesie in $N \cdot m^{-2}$
- d = produktiefactor, die de te behalen produktie reduceert doordat bepaalde handelingen, als produktief aangemerkt, moeten worden uitgevoerd. We onderscheiden als zodanig:
 - d_{T_t} - ten gevolge van het transport naar volgende standplaats op het tracé
 - d_{T_e} - ten gevolge van het door de machine uitgevoerde noodzakelijke egaliseren van het tracé
 - d_{T_o} - ten gevolge van de overige handelingen
 Samenstellingen van deze drie factoren komen voor
- f = cyclusfrequentie, aantal malen dat de cyclus per uur voorkomt ($f = c/t_c$ in h^{-1})
- F = de oppervlakte van het dwarsprofiel van de gegraven waterloop in m^2
- F_z = de benodigde trekkracht in N
- g = versnelling van de zwaartekracht $m \cdot s^{-2}$
- h_1 = leidinghoogte bij taludhelling 1 : 1,5
- h_2 = leidinghoogte bij taludhelling 1 : 1
- K_c = coëfficiënt voor de cohesie
- K_v = coëfficiënt voor de snelheid
- K_{ρ_1} = coëfficiënt voor de hefkrachten
- K_{ρ_2} = coëfficiënt voor de versnellingskrachten
- n = aantal graafcycli ($n_1 + n_2$)
- n_1 = aantal graafcycli waarbij 'normaal' gegraven werd
- n_2 = aantal graafcycli waarbij profilerend gegraven werd
- n_p = poriënvolume

PRODUKTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEPLEPEL MET TALUDBAK

GRONDSOORT:ZAND *VOCHTTTOESTAND :NORMAAL
*EGALITEIT TRACE :EGAAL

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	39.	59.	79.	98.	118.	138.	158.
2	41.	61.	82.	102.	122.	143.	163.
3	42.	63.	84.	105.	126.	147.	169.
4	44.	65.	87.	109.	131.	152.	174.
5	45.	67.	90.	112.	135.	157.	180.
6	46.	70.	93.	116.	139.	162.	186.
7	48.	72.	96.	120.	144.	168.	191.
8	49.	74.	99.	123.	148.	173.	197.
9	51.	76.	102.	127.	153.	178.	203.
10	52.	79.	105.	131.	157.	183.	209.

GRONDSOORT:ZAND *VOCHTTTOESTAND :Z.VOCHTIG
*EGALITEIT TRACE :EGAAL

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	40.	60.	80.	100.	120.	140.	160.
2	42.	62.	83.	104.	125.	145.	166.
3	43.	64.	86.	107.	129.	150.	172.
4	44.	67.	89.	111.	133.	155.	177.
5	46.	69.	92.	114.	137.	160.	183.
6	47.	71.	95.	118.	142.	165.	189.
7	49.	73.	97.	122.	146.	171.	195.
8	50.	75.	100.	126.	151.	176.	201.
9	52.	78.	104.	129.	155.	181.	207.
10	53.	80.	107.	133.	160.	187.	213.

GRONDSOORT:ZAND *VOCHTTTOESTAND :NAT
*EGALITEIT TRACE :EGAAL

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	41.	61.	82.	102.	123.	143.	163.
2	42.	63.	85.	106.	127.	148.	169.
3	44.	66.	87.	109.	131.	153.	175.
4	45.	68.	90.	113.	136.	158.	181.
5	47.	70.	93.	117.	140.	163.	187.
6	48.	72.	96.	120.	144.	168.	193.
7	50.	74.	99.	124.	149.	174.	199.
8	51.	77.	102.	128.	154.	179.	205.
9	53.	79.	105.	132.	158.	185.	211.
10	54.	81.	109.	136.	163.	190.	217.

PRODUKTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEPLEPFL MET TALUDRAK

GRONDSOORT:ZAND		*VOCHTTOESTAND				:NORMAAL		
		*EGALITEIT TRACE				:MATIG		
SLOOT *		B A K I N H O U D				I N M 3		
PROFIEL*	IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	38.	56.	75.	94.	113.	132.	151.	
2	39.	59.	78.	98.	117.	137.	156.	
3	41.	61.	81.	101.	122.	142.	162.	
4	42.	63.	84.	105.	126.	147.	168.	
5	44.	65.	87.	109.	131.	153.	175.	
6	45.	68.	90.	113.	136.	158.	181.	
7	47.	70.	94.	117.	140.	164.	187.	
8	48.	73.	97.	121.	145.	170.	194.	
9	50.	75.	100.	125.	150.	175.	201.	
10	52.	78.	104.	130.	156.	181.	207.	

GRONDSOORT:ZAND		*VOCHTTOESTAND				:7.VOCHTIG		
		*EGALITEIT TRACE				:MATIG		
SLOOT *		BAK IN HOUD				IN M3		
PROFIEL*								
IN M2		*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	38.	58.	77.	96.	115.	134.	153.	
2	40.	60.	80.	100.	119.	139.	159.	
3	41.	62.	83.	103.	124.	145.	165.	
4	43.	64.	86.	107.	129.	150.	171.	
5	44.	67.	89.	111.	133.	156.	178.	
6	46.	69.	92.	115.	138.	161.	184.	
7	48.	72.	95.	119.	143.	167.	191.	
8	49.	74.	99.	123.	148.	173.	197.	
9	51.	77.	102.	128.	153.	179.	204.	
10	53.	79.	106.	132.	158.	185.	211.	

GRONDSOORT:ZAND		*VOCHTTOESTAND				:NAT	
		*EGALITEIT TRACE				:MATIG	
SLOOT *		B A K I N H O U D				I N M 3	
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	39.	59.	78.	98.	117.	137.	156.
2	41.	61.	81.	101.	122.	142.	162.
3	42.	63.	84.	105.	126.	147.	168.
4	44.	65.	87.	109.	131.	153.	175.
5	45.	68.	91.	113.	136.	158.	181.
6	47.	70.	94.	117.	141.	164.	188.
7	49.	73.	97.	121.	146.	170.	194.
8	50.	75.	101.	126.	151.	176.	201.
9	52.	78.	104.	130.	156.	182.	208.
10	54.	81.	108.	134.	161.	188.	215.

PRODUKTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEPLEPEL MET TALUDBAK

GRONDSOORT:ZAND *VOCHTTOESTAND :NORMAAL
*EGALITEIT TRACE :MAT-SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	34.	51.	68.	85.	102.	119.	136.
2	35.	53.	71.	88.	106.	123.	141.
3	37.	55.	73.	91.	110.	128.	146.
4	38.	57.	76.	95.	114.	133.	152.
5	39.	59.	78.	98.	118.	137.	157.
6	41.	61.	81.	102.	122.	142.	162.
7	42.	63.	84.	105.	126.	147.	168.
8	43.	65.	87.	109.	130.	152.	174.
9	45.	67.	90.	112.	135.	157.	180.
10	46.	70.	93.	116.	139.	162.	185.

GRONDSOORT:ZAND *VOCHTTOESTAND :7.VOCHTIG
*EGALITEIT TRACE :MAT-SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	35.	52.	69.	87.	104.	121.	138.
2	36.	54.	72.	90.	108.	126.	144.
3	37.	56.	74.	93.	112.	130.	149.
4	39.	58.	77.	96.	116.	135.	154.
5	40.	60.	80.	100.	120.	140.	160.
6	41.	62.	83.	103.	124.	145.	165.
7	43.	64.	86.	107.	128.	150.	171.
8	44.	66.	88.	111.	133.	155.	177.
9	46.	69.	91.	114.	137.	160.	183.
10	47.	71.	94.	118.	142.	165.	189.

GRONDSOORT:ZAND *VOCHTTOESTAND :NAT
*EGALITEIT TRACE :MAT-SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	35.	53.	71.	88.	106.	123.	141.
2	37.	55.	73.	91.	110.	128.	146.
3	38.	57.	76.	95.	114.	133.	152.
4	39.	59.	79.	98.	118.	138.	157.
5	41.	61.	81.	102.	122.	142.	163.
6	42.	63.	84.	105.	126.	147.	169.
7	44.	65.	87.	109.	131.	153.	174.
8	45.	68.	90.	113.	135.	158.	180.
9	47.	70.	93.	116.	140.	163.	186.
10	48.	72.	96.	120.	144.	168.	192.

PRODUKTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEPLEPEL MET TALUDBAK

GRONDSOORT: ZAND *VOCHTTOESTAND : NORMAAL
*EGALITEIT TRACE : SLECHT

SLOOT * PROFIEL *	B A K I N H O U D I N M 3						
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	31.	46.	62.	77.	93.	108.	124.
2	32.	48.	64.	80.	96.	112.	128.
3	33.	50.	67.	83.	100.	116.	133.
4	34.	52.	69.	86.	103.	121.	138.
5	36.	53.	71.	89.	107.	125.	143.
6	37.	55.	74.	92.	111.	129.	147.
7	38.	57.	76.	95.	114.	133.	152.
8	39.	59.	79.	98.	118.	138.	157.
9	41.	61.	81.	102.	122.	142.	163.
10	42.	63.	84.	105.	126.	147.	168.

GRONDSOORT: ZAND *VOCHTTOESTAND : 17. VOCHTIG
*EGALITEIT TRACE : SLECHT

SLOOT * PROFIEL *	B A K I N H O U D I N M 3						
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	32.	47.	63.	79.	95.	110.	126.
2	33.	49.	65.	82.	98.	114.	131.
3	34.	51.	68.	85.	102.	119.	136.
4	35.	53.	70.	88.	105.	123.	140.
5	36.	54.	73.	91.	109.	127.	145.
6	38.	56.	75.	94.	113.	131.	150.
7	39.	58.	78.	97.	116.	136.	155.
8	40.	60.	80.	100.	120.	140.	160.
9	41.	62.	83.	103.	124.	145.	166.
10	43.	64.	85.	107.	128.	149.	171.

GRONDSOORT: ZAND *VOCHTTOESTAND : NAT
*EGALITEIT TRACE : SLECHT

SLOOT * PROFIEL *	B A K I N H O U D I N M 3						
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	32.	48.	64.	80.	96.	112.	129.
2	33.	50.	67.	83.	100.	117.	133.
3	35.	52.	69.	86.	104.	121.	138.
4	36.	54.	71.	89.	107.	125.	143.
5	37.	55.	74.	92.	111.	129.	148.
6	38.	57.	76.	96.	115.	134.	153.
7	40.	59.	79.	99.	119.	138.	158.
8	41.	61.	82.	102.	122.	143.	163.
9	42.	63.	84.	105.	126.	148.	169.
10	44.	65.	87.	109.	131.	153.	174.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

- 1983 -

PRODUCTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEPEL MET TALUDBAK

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTTOESTAND :NORMAAL
*EGALITEIT TRACE :EGAAL

SLOOT * PROFIEL*	B A K I N H O U D						I N M 3
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	35.	52.	70.	87.	105.	122.	140.
2	36.	54.	72.	90.	109.	127.	145.
3	37.	56.	75.	94.	112.	131.	150.
4	39.	58.	77.	97.	116.	135.	155.
5	40.	60.	80.	100.	120.	140.	160.
6	41.	62.	82.	103.	124.	144.	165.
7	43.	64.	85.	106.	128.	149.	170.
8	44.	66.	88.	110.	131.	153.	175.
9	45.	68.	90.	113.	135.	158.	181.
10	46.	70.	93.	116.	139.	163.	186.

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTTOESTAND :Z.VOCHTIG
*EGALITEIT TRACE :EGAAL

SLOOT * PROFIEL*	B A K I N H O U D						I N M 3
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	36.	53.	71.	89.	107.	124.	142.
2	37.	55.	74.	92.	110.	129.	147.
3	38.	57.	76.	95.	114.	133.	152.
4	39.	59.	79.	98.	118.	138.	157.
5	41.	61.	81.	101.	122.	142.	162.
6	42.	63.	84.	105.	126.	147.	168.
7	43.	65.	86.	108.	130.	151.	173.
8	45.	67.	89.	111.	134.	156.	178.
9	46.	69.	92.	115.	138.	161.	184.
10	47.	71.	95.	118.	142.	165.	189.

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTTOESTAND :NAT
*EGALITEIT TRACE :EGAAL

SLOOT * PROFIEL*	B A K I N H O U D						I N M 3
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	36.	55.	73.	91.	109.	128.	146.
2	38.	57.	75.	94.	113.	132.	151.
3	39.	58.	78.	97.	117.	136.	156.
4	40.	60.	81.	101.	121.	141.	161.
5	42.	62.	83.	104.	125.	146.	166.
6	43.	64.	86.	107.	129.	150.	172.
7	44.	66.	89.	111.	133.	155.	177.
8	46.	68.	91.	114.	137.	160.	183.
9	47.	71.	94.	118.	141.	165.	188.
10	48.	73.	97.	121.	145.	170.	194.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUIJSHOUDING

- 1 9 8 3 -

PRODUKTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEPLEPEL MET TALUDBAK

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTTOESTAND :NORMAAL
*EGALITEIT TRACE :MATIG

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	33.	50.	67.	84.	100.	117.	134.
2	35.	52.	69.	87.	104.	122.	139.
3	36.	54.	72.	90.	108.	126.	144.
4	37.	56.	75.	93.	112.	131.	149.
5	39.	58.	77.	97.	116.	136.	155.
6	40.	60.	80.	100.	120.	140.	161.
7	42.	62.	83.	104.	125.	145.	166.
8	43.	65.	86.	108.	129.	151.	172.
9	45.	67.	89.	111.	134.	156.	178.
10	46.	69.	92.	115.	138.	161.	184.

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTTOESTAND :Z.VOCHTIG
*EGALITEIT TRACE :MATIG

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	34.	51.	68.	85.	102.	119.	136.
2	35.	53.	71.	88.	106.	123.	141.
3	37.	55.	73.	92.	110.	128.	146.
4	38.	57.	76.	95.	114.	133.	152.
5	39.	59.	79.	98.	118.	138.	157.
6	41.	61.	82.	102.	122.	143.	163.
7	42.	63.	84.	106.	127.	148.	169.
8	44.	66.	87.	109.	131.	153.	175.
9	45.	68.	90.	113.	136.	158.	181.
10	47.	70.	94.	117.	140.	164.	187.

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTTOESTAND :NAT
*EGALITEIT TRACE :MATIG

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	35.	52.	70.	87.	104.	122.	139.
2	36.	54.	72.	90.	108.	127.	145.
3	38.	56.	75.	94.	113.	131.	150.
4	39.	58.	78.	97.	117.	136.	156.
5	40.	61.	81.	101.	121.	141.	161.
6	42.	63.	84.	105.	125.	146.	167.
7	43.	65.	87.	108.	130.	152.	173.
8	45.	67.	90.	112.	134.	157.	179.
9	46.	70.	93.	116.	139.	162.	185.
10	48.	72.	96.	120.	144.	168.	192.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
I W N A

PRODUKTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEPLEPEL MET TALUDRAK

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTOESTAND :NORMAAL
*EGALITEIT TRACE :MAT-SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	30.	45.	60.	75.	91.	106.	121.
2	31.	47.	63.	78.	94.	110.	125.
3	32.	49.	65.	81.	97.	114.	130.
4	34.	50.	67.	84.	101.	118.	135.
5	35.	52.	70.	87.	105.	122.	139.
6	36.	54.	72.	90.	108.	126.	144.
7	37.	56.	75.	93.	112.	131.	149.
8	39.	58.	77.	96.	116.	135.	154.
9	40.	60.	80.	100.	120.	140.	159.
10	41.	62.	82.	103.	124.	144.	165.

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTOESTAND :Z.VOCHTIG
*EGALITEIT TRACE :MAT-SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	31.	46.	61.	77.	92.	107.	123.
2	32.	48.	64.	80.	95.	111.	127.
3	33.	49.	66.	82.	99.	115.	132.
4	34.	51.	68.	85.	103.	120.	137.
5	35.	53.	71.	89.	106.	124.	142.
6	37.	55.	73.	92.	110.	128.	147.
7	38.	57.	76.	95.	114.	133.	152.
8	39.	59.	78.	98.	118.	137.	157.
9	41.	61.	81.	101.	122.	142.	162.
10	42.	63.	84.	105.	126.	146.	167.

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTOESTAND :MAT
*EGALITEIT TRACE :MAT-SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	31.	47.	63.	79.	94.	110.	126.
2	33.	49.	65.	82.	98.	114.	130.
3	34.	51.	68.	85.	101.	118.	135.
4	35.	53.	70.	88.	105.	123.	140.
5	36.	54.	73.	91.	109.	127.	145.
6	38.	56.	75.	94.	113.	131.	150.
7	39.	58.	78.	97.	117.	136.	155.
8	40.	60.	80.	100.	121.	141.	161.
9	42.	62.	83.	104.	125.	145.	166.
10	43.	64.	86.	107.	129.	150.	172.

PRODUKTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEFLEPFL MET TALUDBAK

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTTOESTAND :NORMAAL
*EGALITEIT TRACE :SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D				I N M 3		
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	28.	41.	55.	69.	83.	96.	110.
2	29.	43.	57.	71.	86.	100.	114.
3	30.	44.	59.	74.	89.	103.	118.
4	31.	46.	61.	76.	92.	107.	122.
5	32.	47.	63.	79.	95.	111.	127.
6	33.	49.	65.	82.	98.	115.	131.
7	34.	51.	68.	85.	101.	118.	135.
8	35.	52.	70.	87.	105.	122.	140.
9	36.	54.	72.	90.	108.	126.	144.
10	37.	56.	74.	93.	112.	130.	149.

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTTOESTAND :Z.VOCHTIG
*EGALITEIT TRACE :SLECHT

SLOOT *		B A K I N H O U D			I N M 3		
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	28.	42.	56.	70.	84.	98.	112.
2	29.	43.	58.	72.	87.	101.	116.
3	30.	45.	60.	75.	90.	105.	120.
4	31.	47.	62.	78.	93.	109.	124.
5	32.	48.	64.	80.	97.	113.	129.
6	33.	50.	67.	83.	100.	116.	133.
7	34.	52.	69.	86.	103.	120.	138.
8	36.	53.	71.	89.	107.	124.	142.
9	37.	55.	73.	92.	110.	128.	147.
10	38.	57.	76.	95.	114.	132.	151.

GRONDSOORT:ZAVEL *VOCHTTTOESTAND :NAT
*EGALITEIT TRACE :SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D				I N M 3		
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	29.	43.	57.	72.	86.	100.	115.
2	30.	45.	59.	74.	89.	104.	119.
3	31.	46.	62.	77.	92.	108.	123.
4	32.	48.	64.	80.	96.	112.	127.
5	33.	49.	66.	82.	99.	115.	132.
6	34.	51.	68.	85.	102.	119.	136.
7	35.	53.	70.	88.	106.	123.	141.
8	36.	55.	73.	91.	109.	127.	146.
9	38.	56.	75.	94.	113.	132.	150.
10	39.	58.	78.	97.	116.	136.	155.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

- 1 9 8 3 -

PRODUKTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEPELFEL MET TALUDBAK

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTTOESTAND :NORMAAL
*EGALITEIT TRACE :EGAAL

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	31.	46.	61.	76.	92.	107.	122.
2	32.	47.	63.	79.	95.	111.	127.
3	33.	49.	65.	82.	98.	114.	131.
4	34.	51.	68.	85.	101.	118.	135.
5	35.	52.	70.	87.	105.	122.	140.
6	36.	54.	72.	90.	108.	126.	144.
7	37.	56.	74.	93.	111.	130.	149.
8	38.	57.	77.	96.	115.	134.	153.
9	39.	59.	79.	99.	118.	138.	158.
10	41.	61.	81.	102.	122.	142.	163.

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTTOESTAND :Z.VOCHTIG
*EGALITEIT TRACE :EGAAL

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	31.	47.	62.	78.	94.	109.	125.
2	32.	48.	65.	81.	97.	113.	129.
3	33.	50.	67.	84.	100.	117.	134.
4	35.	52.	69.	86.	104.	121.	138.
5	36.	53.	71.	89.	107.	125.	143.
6	37.	55.	74.	92.	110.	129.	147.
7	38.	57.	76.	95.	114.	133.	152.
8	39.	59.	78.	98.	117.	137.	156.
9	40.	60.	81.	101.	121.	141.	161.
10	42.	62.	83.	104.	125.	145.	166.

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTTOESTAND :NAT
*EGALITEIT TRACE :EGAAL

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	32.	48.	63.	79.	95.	111.	127.
2	33.	49.	66.	82.	98.	115.	131.
3	34.	51.	68.	85.	102.	119.	136.
4	35.	53.	70.	88.	105.	123.	140.
5	36.	54.	72.	90.	109.	127.	145.
6	37.	56.	75.	93.	112.	131.	149.
7	39.	58.	77.	96.	116.	135.	154.
8	40.	60.	79.	99.	119.	139.	159.
9	41.	61.	82.	102.	123.	143.	164.
10	42.	63.	84.	105.	126.	147.	168.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

- 1 9 8 3 -

PRODUKTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEPLEPEL MET TALUDBAK

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTOESTAND :NORMAAL
*EGALITEIT TRACE :MATIG

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	29.	44.	58.	73.	88.	102.	117.
2	30.	46.	61.	76.	91.	106.	121.
3	31.	47.	63.	79.	94.	110.	126.
4	33.	49.	65.	82.	98.	114.	131.
5	34.	51.	68.	85.	102.	119.	135.
6	35.	53.	70.	88.	105.	123.	140.
7	36.	55.	73.	91.	109.	127.	145.
8	38.	56.	75.	94.	113.	132.	150.
9	39.	58.	78.	97.	117.	136.	156.
10	40.	60.	80.	101.	121.	141.	161.

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTOESTAND :7.VOCHTIG
*EGALITEIT TRACE :MATIG

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	30.	45.	60.	75.	90.	104.	119.
2	31.	46.	62.	77.	93.	108.	124.
3	32.	48.	64.	80.	97.	113.	129.
4	33.	50.	67.	83.	100.	117.	133.
5	35.	52.	69.	86.	104.	121.	138.
6	36.	54.	72.	90.	108.	125.	143.
7	37.	56.	74.	93.	111.	130.	148.
8	38.	58.	77.	96.	115.	134.	154.
9	40.	60.	79.	99.	119.	139.	159.
10	41.	62.	82.	103.	123.	144.	164.

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTOESTAND :NAT
*EGALITEIT TRACE :MATIG

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	30.	45.	61.	76.	91.	106.	121.
2	31.	47.	63.	79.	94.	110.	126.
3	33.	49.	65.	82.	98.	114.	131.
4	34.	51.	68.	85.	102.	118.	135.
5	35.	53.	70.	88.	105.	123.	140.
6	36.	55.	73.	91.	109.	127.	145.
7	38.	56.	75.	94.	113.	132.	151.
8	39.	58.	78.	97.	117.	136.	156.
9	40.	60.	81.	101.	121.	141.	161.
10	42.	63.	83.	104.	125.	146.	167.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

- 1 9 8 3 -

PRODUKTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEPLEPEL MET TALUDBAK

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTOESTAND :NORMAAL
*EGALITEIT TRACE :MAT-SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	26.	40.	53.	66.	79.	92.	106.
2	27.	41.	55.	68.	82.	96.	109.
3	28.	43.	57.	71.	85.	99.	114.
4	29.	44.	59.	74.	88.	103.	118.
5	30.	46.	61.	76.	91.	107.	122.
6	32.	47.	63.	79.	95.	110.	126.
7	33.	49.	65.	82.	98.	114.	130.
8	34.	51.	67.	84.	101.	118.	135.
9	35.	52.	70.	87.	105.	122.	139.
10	36.	54.	72.	90.	108.	126.	144.

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTOESTAND :Z.VOCHTIG
*EGALITEIT TRACE :MAT-SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	27.	40.	54.	67.	81.	94.	108.
2	28.	42.	56.	70.	84.	98.	112.
3	29.	43.	58.	72.	87.	101.	116.
4	30.	45.	60.	75.	90.	105.	120.
5	31.	47.	62.	78.	93.	109.	124.
6	32.	48.	64.	80.	97.	113.	129.
7	33.	50.	67.	83.	100.	117.	133.
8	34.	52.	69.	86.	103.	121.	138.
9	36.	53.	71.	89.	107.	125.	142.
10	37.	55.	74.	92.	110.	129.	147.

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTOESTAND :NAT
*EGALITEIT TRACE :MAT-SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	27.	41.	55.	68.	82.	96.	109.
2	28.	43.	57.	71.	85.	99.	113.
3	29.	44.	59.	74.	88.	103.	118.
4	30.	46.	61.	76.	91.	107.	122.
5	32.	47.	63.	79.	95.	110.	126.
6	33.	49.	65.	82.	98.	114.	131.
7	34.	51.	68.	84.	101.	118.	135.
8	35.	52.	70.	87.	105.	122.	140.
9	36.	54.	72.	90.	108.	126.	144.
10	37.	56.	75.	93.	112.	131.	149.

PRODUKTIENORMEN IN M3 PER UUR
GRAVEN VAN LEIDING DOOR DIEPLEPEL MET TALUDRAK

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTOESTAND :NORMAAL
*EGALITEIT TRACE :SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	24.	36.	48.	60.	72.	84.	96.
2	25.	37.	50.	62.	75.	87.	100.
3	26.	39.	52.	65.	77.	90.	103.
4	27.	40.	53.	67.	80.	94.	107.
5	28.	42.	55.	69.	83.	97.	111.
6	29.	43.	57.	72.	86.	100.	114.
7	30.	44.	59.	74.	89.	104.	118.
8	31.	46.	61.	76.	92.	107.	122.
9	32.	47.	63.	79.	95.	110.	126.
10	33.	49.	65.	81.	98.	114.	130.

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTOESTAND :Z.VOCHTIG
*EGALITEIT TRACE :SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	25.	37.	49.	61.	74.	86.	98.
2	25.	38.	51.	64.	76.	89.	102.
3	26.	40.	53.	66.	79.	92.	106.
4	27.	41.	55.	68.	82.	96.	109.
5	28.	42.	57.	71.	85.	99.	113.
6	29.	44.	58.	73.	88.	102.	117.
7	30.	45.	60.	76.	91.	106.	121.
8	31.	47.	62.	78.	94.	109.	125.
9	32.	48.	64.	81.	97.	113.	129.
10	33.	50.	67.	83.	100.	116.	133.

GRONDSOORT:KLEI *VOCHTTOESTAND :NAT
*EGALITEIT TRACE :SLECHT

SLOOT *	B A K I N H O U D						I N M 3
PROFIEL*							
IN M2	*0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
1	25.	37.	50.	62.	75.	87.	100.
2	26.	39.	52.	65.	78.	90.	103.
3	27.	40.	54.	67.	80.	94.	107.
4	28.	42.	55.	69.	83.	97.	111.
5	29.	43.	57.	72.	86.	100.	115.
6	30.	44.	59.	74.	89.	104.	119.
7	31.	46.	61.	77.	92.	107.	123.
8	32.	47.	63.	79.	95.	111.	127.
9	33.	49.	65.	82.	98.	114.	131.
10	34.	51.	67.	84.	101.	118.	135.

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

- 1 9 8 3 -